

FAST RAMP-UP: ANLAUFMANAGEMENT NACH DISRUPTIVEN PANDEMISCHEN EREIGNISSEN



FAST RAMP-UP: ANLAUFMANAGEMENT NACH DISRUPTIVEN PANDEMISCHEN EREIGNISSEN

MANAGEMENT SUMMARY

Für die heutige Weltwirtschaft ist eine globale Arbeitsteilung charakteristisch. Dabei hängt die Produktion von globalen Supply Chains ab, bei der die Logistik das Rückgrat dieser verteilten Wertschöpfung darstellt. Aufgrund der COVID-19-Pandemie kommt es jedoch zu erforderlichen Lock-Downs in den einzelnen Ländern. Durch die zeitversetzten Stillstände der Wirtschaft gerät die global abhängige Produktion ins Ungleichgewicht.

Vor diesem Hintergrund ist das Wissen über die Situation der Lieferanten für die Unternehmen von herausragender Relevanz. Die Situation erfordert einen Einblick, in welcher Art und Weise ihre Supply Chains durch die Pandemie betroffen werden und wie ein Wiederanlauf der Produktion nach einem Lock-Down erfolgreich aufzubauen ist. Nur so können zusätzliche wirtschaftliche Verluste vermieden werden.

Es werden die Herausforderungen der Pandemie aufgezeigt und entsprechende Handlungsempfehlungen für den Wiederanlauf gegeben. Als unterstützendes Tool für relevante, aber kurzfristigen Entscheidungen stellt eine Simulation eine geeignete Möglichkeit zur realitätsnahen Abbildung der Supply Chain und die Auswirkungen bei Änderungen in der Supply Chain dar. Anhand einzelner Szenarien im Kontext der Pandemie werden resultierende Implikationen unter Einbeziehung von zeitabhängigen Wechselwirkungen für die Bewertung und Planung von Wiederanlauf-Szenarien erläutert.

Dieses Whitepaper entstand im Rahmen eines mit Eigenmitteln der Fraunhofer Gesellschaft geförderten Forschungsprojekts als Beitrag zur Überwindung der wirtschaftlichen Auswirkungen der COVID-19-Pandemie.

AUTOREN

Philipp Klink, Fraunhofer IML
Saskia Sardesai, Fraunhofer IML
Janine Gehring, Fraunhofer IML
Michael Dominik Görtz, Fraunhofer IML

KONTAKT

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
IML

Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2–4
44227 Dortmund

INSTITUTSLEITUNG:

Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen
Prof. Dr. Michael Henke
Prof. Dr. Michael ten Hompel (geschäftsführend)

BILDLIZENZ - TITELBILD UND INNENTEIL

Cover © ipopba - stock.adobe
Kapitel © Pugun & Photo Studio; peshkova; ipopba;
sitthiphong; kentoh; 06photo - adobe.stock

COVER, LAYOUT UND SATZ

Sabrina Peters, Fraunhofer IML

ABBILDUNGEN, TEXTE

© Autoren, Fraunhofer IML

DOI

10.24406/iml-n-599453

© Fraunhofer IML, Dortmund 2020

10. August 2020

FAST RAMP-UP: ANLAUFMANAGEMENT NACH DISRUPTIVEN PANDEMISCHEN EREIGNISSEN

INHALT

Motivation	6
Bestehende Konzepte für das Anlaufmanagement	8
Anlaufmanagement bei disruptiven, pandemischen Ereignissen	10
Charakteristik disruptiver Ereignisse und resultierende Herausforderungen	10
Adaptierbare Konzepte und Handlungsempfehlungen	13
Anlaufmanagement durch Supply Chain Simulation	20
Nutzen und Vorteile der Simulation	20
Supply Chain Simulation mit OTD-NET	22
Prototypische Umsetzung relevanter Szenarien mit Supply Chain Simulation	24
Zusammenfassung und Fazit	34
Referenzen	36

MOTIVATION

Die COVID-19-Pandemie hat sich rasch über ganze Länder und Regionen ausgebreitet und weitreichende Auswirkungen auf das Leben der Menschen und Gemeinschaften verursacht. Ausgehend von einer pandemischen Gesundheitskrise stellt sie nun eine ernsthafte Bedrohung für die Weltwirtschaft, den Handel und das Finanzwesen dar, wobei die geschätzten wirtschaftlichen Auswirkungen weltweit zwischen 5,8 Billionen und 8,8 Billionen Dollar liegen [1].

Insgesamt zwingen die von der epidemiologischen Kurve beschriebenen Trends sowie Ströme unsere Wirtschaft und die verarbeitende Industrie dazu, sich Szenarien zu stellen, die bisher unvorhersehbar waren. Die Pandemie bricht in zeitlichen Abständen auf allen Kontinenten aus und lässt wellenartig und zeitversetzt die Wirtschaft der betroffenen Länder einfrieren [2]. Die Nachfrage steigt oder sinkt exponentiell [3], in vielen Industriezweigen erfolgt ein kompletter Produktionsstopp oder eine stark reduzierte Produktion; in anderen, wie dem Handel, werden zusätzliche Kapazitäten benötigt [4].

Derartige Auswirkungen treffen insbesondere die deutsche, exportorientierte Wirtschaft mit komplexen, internationalen und auf Effizienz getrimmten Supply Chains des produzierenden Gewerbes [5]. Sie führen dazu, dass die Produktion einzelner Partner einer Supply Chain zusammenbricht und dadurch die Produktion nachgelagerter Partner der Supply Chain durch fehlendes Material zum Stillstand gezwungen wird. Bestände in der Pipeline laufen leer, Container stehen unter Quarantäne am Hafen, und bei Lockerung der wirtschaftlichen Auflagen von vorgelagerten Partnern füllt sich die Pipeline, obwohl die Produktion der nachstehenden Partner noch nicht gestartet ist. Vice versa fehlen bei einer Lockerung der Auflagen eines nachgelagerten Partners Teile zur Produktion. Insbesondere bei Lieferanten aus China konnten Lieferengpässe festgestellt werden. Aber auch lokale oder regionale Produktionspartner können derartige pandemische Schäden nicht zwangsläufig unterbinden [6].

Diese ungewöhnliche Situation erfordert neue logistische Ansätze, die aus einer Kombination des An- und Auslaufmanagements (engl. Ramp-Up- und Ramp-Down-Management) hergeleitet werden sollen. Die entstandene Asynchronität der Wertschöpfung ist anhand eines „Fast Ramp-Ups“ zeitnah auszugleichen. Unkontrollierte Bestände entstehen einerseits durch Produktionsstopps, andererseits durch Engpässe innerhalb der Supply Chains in Regionen, in denen die Pandemie versetzt eintrat oder noch akut ist. Diese stehen diversen logistischen Vorlaufzeiten im Ramp-Up gegenüber. Gleichzeitig bricht die Nachfrage ein oder steigt ungewöhnlich hoch an. Daraus folgt eine ausgedehnte Komplexität der Aufgabenstellung.



Um dieser Komplexität zu begegnen, ist ein transparenter und kollaborativer Ansatz zum synchronen Wiederanlauf der Wertschöpfung notwendig. Sowohl für den Hochlauf als auch für den Wiederaufbau von Supply Chain Prozessen sind eine Vielzahl an Herausforderungen zu bewältigen. Ausgewählte Szenarien für den Wiederanlauf bzw. den Hochlauf der Produktion sind mittels geeigneter Methoden bewertbar zu machen. Mithilfe der Simulation sollen interne und externe kapazitive Anforderungen, die richtigen Startzeitpunkte der Zulieferung sowie die Abläufe zur Synchronisation der Supply Chains erfassbar werden. Risiken werden somit identifizierbar und entsprechende Strategien zur Gegensteuerung sind ableitbar. Im Vorfeld werden somit Entscheidungspunkte und Messgrößen für das Nachsteuern des Anlaufs erprobt und sichern die erforderliche Resilienz im Wiederanlauf. Auf diese Weise kann ein schnelles Hochlaufen der Produktionen bzw. der Supply Chains unterstützt werden.

Zur Gestaltung des Wiederanlaufs während oder nach einer Pandemie zeigt das Whitepaper zunächst bestehende Konzepte auf und leitet daraus relevante Konzepte und Handlungsempfehlungen für das Anlaufmanagement nach disruptiven, pandemischen Ereignissen ab. Darauf aufbauend wird anhand relevanter Szenarien erläutert, wie die Anwendung der Simulation das Anlaufmanagement stützen kann.

BESTEHENDE KONZEPTE FÜR DAS ANLAUFMANAGEMENT

Als disziplinübergreifender Geschäftsprozess ist das Anlaufmanagement ein wesentlicher Bestandteil im Produktentstehungsprozess und umfasst die Koordination aller Aktivitäten in der Entwicklungs- und Anlaufphase. Im Rahmen des Anlaufmanagements werden entsprechend vorliegender Rahmenbedingungen eine geeignete Anlaufstrategie, Anlaufplanung, Anlauforganisation und Anlaufsteuerung definiert, um ein Produkt aus der Entwicklung in die Fertigung zu überführen [7, 8]. Das Anlaufmanagement fokussiert somit vorwiegend die Produktionsprozesse innerhalb eines Unternehmens. In Anbetracht der beschriebenen aktuellen Situation ist der Fokus für das Anlaufmanagement auf die unternehmensübergreifenden Prozesse auszuweiten und insbesondere die Aspekte der Produktentwicklung auszuklammern.

Charakteristisch für einen Anlauf ist die in Abbildung 1 dargestellte Hochlaufphase als Teil der gesamten Anlaufphase, welche mit der Sicherstellung einer stabilisierten kundenfähigen Produktion endet [9]. Relevante Kennzahlen und Bewertungsgrößen für die Hochlaufphase sind die Time-to-Customer (zwischen dem Produktionsstart und der Auslieferung des Produktes an den Endkunden) und die Time-to-Volume (Zeitspanne bis zum Erreichen der vollen Kapazitätslast) [11, 12, 13].

Ein weiteres Charakteristikum von Anläufen ist die **Instabilität der Produktion** [8, 14]. Insbesondere wegen der wenigen sicheren Planungsparametern kommt es zu häufigen Unterbrechungen. Im Verlauf des Anlaufs verstetigt sich der Prozess und die durchschnittliche Störungsdauer und -häufigkeit sinkt [14]. Bei einem Anlauf von Produkten oder einem Produktionshochlauf beschränkt sich die Instabilität der Produktion auf

- **einzelne Produkte,**
- **einen Produktionsbereich** (Fertigungslinie oder -schritte),
- **konkret am Produkt beteiligte vorgelagerte und nachgelagerte Supply Chain Partner** und
- **einen bekannten und begrenzten Zeitraum** [17].

Das Anlaufmanagement verfolgt neben der **Reduktion der Anlaufdauer** sowohl die **Reduktion der Anlaufkosten** als auch die Sicherstellung der **Qualität des Endprodukts** als übergeordnete Ziele über alle Phasen [9, 15]. Zu den weiteren Zielen zählen die Erreichung der erforderlichen Flexibilität des Produktionssystems sowie der geplanten Nutzungsgrade der Anlagen. Darüber hinaus sind neben der Verfügbarkeit der erforderlichen Bauteile auch die Einhaltung der Stückzahlen und Termine wichtige Ziele des Anlaufmanagements. Es wird vor allem forciert, sogenannte „lost sales“, ergo Deckungsbeitragsverluste zu vermeiden [9].

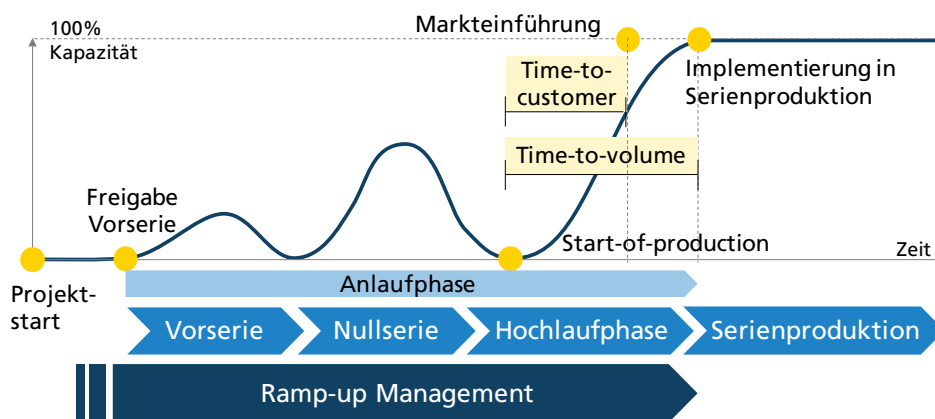


Abbildung 1:
Ramp-Up Phasen und
relevante Kennzahlen (In
Anlehnung an [7, 8, 10])

Während der Anlaufphase treten im Kern **fünf Planungsprobleme** auf: Die Herausforderungen von Kapazitätsinvestitionen, die Mitarbeiterereinsatzplanung, das Bestandsmanagement, die Losgrößenplanung sowie das Workflowmanagement. Diese Probleme beeinflussen sich gegenseitig und werden übergeordnet durch eine Leistungsmessung und Überwachung kontrolliert [16]. Ein einheitliches Zielsystem zur Schaffung einer Grundlage und der Fähigkeit für interdependente Struktur-, Sach- und Organisationsentscheidungen zum interdisziplinären Anlauf bietet das Aachener Modell [7].

Für die Branche der Automobilindustrie entwickelten Schuh et al. Verbesserungsmöglichkeiten der Anlaufperformance durch den Einsatz von **Frontloadingmaßnahmen**, wie die Simulation. Mit Frontloadingmaßnahmen wird das Ziel verfolgt, möglichst früh so viele Daten bzw. so viel Wissen wie möglich zu sammeln und mit Erfahrungswissen aus nachgelagerten Bereichen zu verbinden. Der dafür erforderliche erhöhte Ressourceneinsatz und die nötige Organisationsänderung bringen die Vorteile einer früheren Problemidentifikation, einer Reduzierung von Anlaufproblemen, insbesondere Störungen und daraus resultierend einer Verkürzung der Time-to-Market mit sich [17]. Diese Verbesserungspotenziale zeigen sich nicht nur zu Projektbeginn, sondern auch im Bereich des Serienstarts. [18]

Durch den Grad der Produkt- und Prozessänderung und der daraus resultierenden Komplexität sowie durch die Priorisierung der Zieldimensionen Qualität, Kosten und Zeit werden unterschiedliche Zieltypen für das Anlaufmanagement unterschieden [19]. Mit Hilfe eines Ordnungsrahmens können je Zieltyp – in diesem Kontext ist der Zieltyp des First-Movers wegen der Priorisierung auf die Zieldimension relevant – entsprechende Schwerpunkte in den Themenfeldern der Aufbau- und Ablauforganisation sowie den Handlungs- und Gestaltungsfeldern identifiziert werden [8, 20].

ANLAUFMANAGEMENT BEI DISRUPTIVEN, PANDEMISCHEN EREIGNISSEN

CHARAKTERISTIK DISRUPTIVER EREIGNISSE UND RESULTIERENDE HERAUSFORDERUNGEN

Um Handlungsempfehlungen für das Anlaufmanagement bei disruptiven Ereignissen ableiten zu können, ist das Wissen um die Charakteristik und die daraus resultierenden Herausforderungen disruptiver Ereignisse essentiell. Im Folgenden wird die Charakteristik pandemischer disruptiver Ereignisse aufgezeigt und die daraus resultierenden Herausforderungen erläutert.

Zum einen werden nicht nur die eigenen Produktionskapazitäten aufgrund des zeitlich versetzten Auftretens der Pandemie stark reduziert oder sogar vollständig heruntergefahren, sondern auch die der Supply Chain Partner, die von den vor- oder nachgelagerten Stufen der Supply Chain abhängig sind. Zum anderen kann nach der Pandemie bzw. nach der Lockerung von Eindämmungsmaßnahmen nur schwierig die Produktion hochgefahren und ein stabiler Betrieb erreicht werden. Im Gegensatz zu geplanten Produktanläufen, bei denen die Versorgung der benötigten Zulieferteile sichergestellt ist, kann dies in einer disruptiven und pandemischen Lage aufgrund der mangelnden Planbarkeit nicht gewährleistet werden. Erschwerend kommt hinzu, dass aufgrund der zeitlich versetzten Ausbreitungswellen der Konsum schwankt und jeden Kundenmarkt unterschiedlich tangiert. Dadurch steigt die **Volatilität der Nachfrage**, wobei diese im schlimmsten Fall fast vollständig einbrechen kann.

Die Instabilität der Produktion ist somit nicht beschränkt und zeigt die folgenden Charakteristika:

- Das **gesamte Produktportfolio oder eine Vielzahl von Produkten** sind betroffen.
- Die Pandemie tangiert **ganze Produktionsstandorte oder -netzwerke**.
- **Alle beteiligten Supply Chain Partner** (Logistikdienstleister und logistische Knotenpunkte, wie Häfen oder Distributionszentren) sind ebenfalls von einer Instabilität der Prozessabläufe betroffen.
- Der **Zeitraum** der Pandemie ist **unbekannt**.
- **Einbruch der Nachfrage oder starke Nachfrageschwankung**.

Die Herausforderungen für das Hochlaufen der Produktion und das Erreichen eines stabilen Betriebs sind vielfältig und unternehmensintern sowie –extern. Zudem sind sie sowohl up- als auch downstream in der Supply Chain verortet.



Abbildung 2: Herausforderungen im Ramp-Up entlang der Supply Chain

Die folgende Aufzählung führt die acht wesentlichen und herausfordernden Aspekte auf, die in Bezug auf den Wiederanlauf nach disruptiven pandemischen Ereignissen, wie der COVID-19-Pandemie, vorkommen. (vgl. Abbildung 2)

- 1. Fehlende Transparenz über vorhandene Pipeline-Bestände und Bestandsreichweiten:** Die Lokalisierung des Bestands auf einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette und die Bestimmung der Bestandsreichweite sind sehr wichtige Fragestellungen. Aufgrund unzureichender Transparenz stellen diese eine nur schwer lösbare Herausforderung dar. Darüber hinaus ist es schwierig festzustellen, wann Bestände frühestens am gewünschten Produktionsstandort ankommen können.
- 2. Fehlende Transparenz über Lieferanten und deren Status:** In einer pandemischen Situation ist festzustellen, inwieweit die Produktion der Lieferanten beeinträchtigt ist. Herausfordernd ist vor allem die Bestimmung der Lieferanten, die entweder noch oder schon wieder produzieren. Außerdem ist die Liquidität der Lieferanten – auch im Hinblick eines Insolvenzrisikos aufgrund eines begrenzten Kapitalzugangs – zu beurteilen. Ein weiteres Problem entsteht durch die Ermittlung der Kapazitäten, die den Lieferanten für die benötigten Teile zur Verfügung stehen haben. In diesem Zusammenhang ist die unzureichende Kenntnis über die 2nd bis n-tier Lieferanten besonders problembehaftet. Darüber hinaus haben 2nd-/3rd-Tier-Lieferanten häufig keinerlei oder nur geringe Erfahrung beim Wiederanlauf und der damit verbundenen Sicherstellung der Produktqualität und Lieferanforderungen.

Die Realisierung einer ausreichenden Transparenz über den Lieferantenstatus und Erstellung eines gesamten Abbilds der Supply Chain (Lieferantenstandort, Anteil an der Wertschöpfung, Kritikalität) ist die Grundlage für die Identifikation der kritischen Abhängigkeiten. Denn fallen wichtige Lieferanten oder 2nd-/3rd-Tier-Lieferanten aus, kann dies schwerwiegende Auswirkungen auf die Versorgung der eigenen Produktion haben. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Anfälligkeit von Supply Chains für disruptive Störungen mit zunehmender Vernetzung ansteigt [21].

3. **Unklare Nachfragesituation:** Das Nicht-Vorhandensein einer geeigneten historischen Basis des Nachfrageverhaltens bei Eintritt einer Pandemie führt zu der Herausforderung von Prognoseerstellung. Außerdem ist unklar, inwieweit sich die Nachfrage entwickelt, ob es zu einem ad-hoc ansteigenden Bedarf (z.B. Lebensmittel, Baustoffe, Gartenbauartikel) kommt, ein Bedarfsausfall eintritt (z.B. Textilindustrie, Gastronomie) oder ein erhöhter Bedarf in die nahe Zukunft nach dem pandemischen Ereignis geschoben wird.
4. **Unklare Auswirkungen auf wichtige Supply Chain Partner für die Beschaffungs- sowie Distributionslogistik:** Gleichwohl ist unklar, ob relevante Versorgungs- oder Distributionszentren beeinträchtigt sind. Sollten diese stark beeinträchtigt sein, ist eine Umstellung auf die Direktlieferung – sowohl Inbound als auch Outbound – ein möglicher Lösungsansatz. Für eine solche Umstellung, aber auch für die Sicherstellung der eigenen Produktion sowie die der nachgelagerten Supply Chain Partner, stellt die Unklarheit über mögliche negative Veränderungen hinsichtlich der Dauer und der Kosten für Logistikprozesse sowie die Verfügbarkeit von benötigten Transporthilfsmitteln eine große Herausforderung dar.
5. **Diskontinuität und Instabilität der eigenen Produktion:** Die Generierung einer stabilen Produktion kann als Herausforderung angesehen werden, da in diesem Kontext Fragen über die Auslastung, das anzuwendende Schichtmodell, die Ausbringungsmenge, die Taktzeiten und den Zeitraum, in dem die Maßnahmen gelten, beantwortet werden müssen. Außerdem sollte geprüft werden, ob eine stufenweise Erhöhung bis zur Normalkapazität sinnvoll bzw. überhaupt möglich ist oder auf Seiten des Produktionssystems durch die diskontinuierliche Auslastung Probleme entstehen [22].
6. **Unklarheit über benötigten Lagerkapazitäten:** Durch mögliche Unterbrechung der eigenen Produktion sowie der in der Pipeline befindlichen Bestände kann es zu Unklarheit über erforderliche Lagerkapazitäten kommen.
7. **Unklare Beeinflussung der Mitarbeiterverfügbarkeit:** Aufgrund erhöhter Krankenstände oder der vermehrten Übernahme von Betreuungsaufgaben, die in Verbindung mit der Einleitung von Maßnahmen in Bezug auf die Pandemie (z.B. Home-Schooling) stehen, ist die Mitarbeiterverfügbarkeit unklar. Durch längere Stillstände bzw. den Einsatz neuer Mitarbeiter zur Kompensation der reduzierten Mitarbeiterverfügbarkeit ist eine Beeinträchtigung der Effizienz in

der Durchführung von Arbeitsschritten möglich. Das Anlernen neuer Mitarbeiter kann mitunter mehrere Wochen dauern [23].

8. **Funktionalen Strukturen und Prozesse:** Die Aufbau- und Ablauforganisation und die daraus resultierenden primär funktionalen Strukturen und Prozesse sind für den Hochlauf nicht effizient und effektiv genug [22].

ADAPTIERBARE KONZEPTE UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Um mit den Herausforderungen für den Wiederanlauf der gesamten Supply Chain umgehen zu können, bedarf es entsprechender Konzepte und Handlungsempfehlungen. Im Folgenden werden diese sowohl anhand der Perspektive auf unternehmensinterne und -externe Aspekte, als auch bezüglich des Zeithorizontes (siehe Abbildung 3 und Abbildung 4) aufgezeigt.

Unternehmensinterne Perspektive

Aufgrund des Grades der Produkt- sowie Prozessänderungen liegt beim Anlaufmanagement grundsätzlich ein Projektcharakter vor. Aus diesem Grund wird häufig eine reine Projekt- oder entsprechende Matrixorganisation eingerichtet, die sich von der üblichen Aufbau- und Ablauforganisation unterscheidet. Für das schnelle Hochlaufen nach disruptiven Ereignissen ist es empfehlenswert frühzeitig eine analoge Organisation zu etablieren.

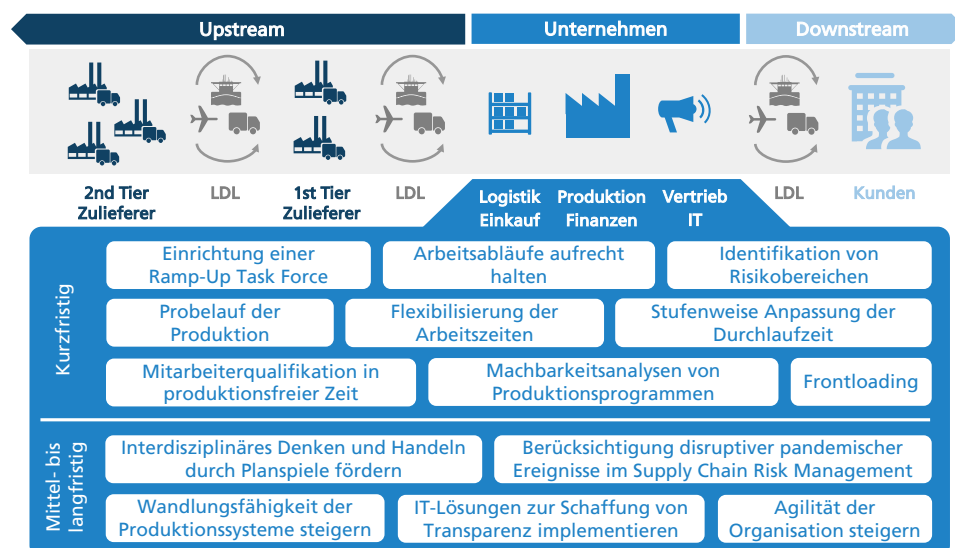


Abbildung 3: Unternehmensinterne Handlungsempfehlungen

Die Einrichtung einer Wiederanlauf-Einheit „**Ramp-Up-Task Force**“ sollte entsprechend des Aachener Modells für das interdisziplinäre Anlaufmanagement [18] die Funktionsbereiche des Unternehmens widerspiegeln und aus Management, Vertrieb/Marketing, Logistik, Beschaffung, Produktion, Finanzen, Personal und IT bestehen [24].

Das Ziel muss es sein, dass alle relevanten Informationen an dieser Stelle zusammenlaufen, sodass Entscheidungen zum Teil auch unbürokratisch und insbesondere schnell getroffen werden können. Die Aufgaben der Task-Force liegen somit in der Zusammenführung notwendiger Informationen zur Planung der Kapazität, der Losgrößen, der Bestände, des Workflows und des Mitarbeitereinsatzes sowie in der präventiven Identifikation von Wiederanlaufproblemen.

Zunächst haben wir aufgrund unserer Erfahrungen aus der COVID-19-Pandemie unsere Task Force weitergeführt. Hier hat sich eine Auswahl von Kollegen darum gekümmert, dass der Anteil an Prozessen, die wir in dieser Engpasssituation gefahren haben, aufrechterhalten werden kann.

Supplier Manager, Automobilhersteller

Um bei der Planung richtige Entscheidungen treffen zu können sowie weitere erforderliche Maßnahmen während des Wiederanlaufs abzuleiten, ist ein kontinuierliches Monitoring und Abweichungsmanagement entscheidend. Einhergehend mit der Etablierung einer Anlauforganisation sollte auch unmittelbar das Konzept des **Frontloadings** synergetisch berücksichtigt werden. Auf diese Weise kann die Ramp-Up Task Force noch vor dem Wiederanlauf befähigt werden, bessere Entscheidungen treffen zu können. Für die Verfolgung der Frontloading-Strategie im Kontext des Wiederanlaufs sind sowohl unternehmensinterne als auch unternehmensexterne Informationen essentiell. Innerhalb des Unternehmens spielen u.a. Informationen zur Mitarbeiterverfügbarkeit- sowie -qualifikation im Hinblick auf die Einsatzflexibilität eine wichtige Rolle.

Im Hinblick auf die Mitarbeiterverfügbarkeit ist es hoch entscheidend, dass Risikobereiche identifiziert und **Maßnahmen für den Schutz der Mitarbeiter** schnellstmöglich umgesetzt werden. Insbesondere sind die Arbeitsabläufe primär auf den Gesundheitsschutz auszurichten und dahingehend die Arbeitsplatzgestaltung entsprechend zu optimieren. Einhergehend mit der Umsetzung von Schutzmaßnahmen in den identifizierten Risikobereichen und der Schulung der Mitarbeiter während des Produktionsstillstandes für einen verbesserten Gesundheitsschutz sind auch **flexible Arbeitszeiten** für die Mitarbeiter zu gestalten. Auf diese Weise wird den Mitarbeitern ermöglicht auch ihren möglicherweise entstandenen Betreuungsaufgaben nachzukommen.

Des Weiteren sollten die auftretenden produktionsfreien Zeiten sinnvoll für **Mitarbeiterqualifikation** in Form von Job Enrichment und Enlargement bei bestehenden Mitarbeitern sowie das Anlernen neuer Mitarbeiter genutzt werden. An dieser Stelle sollte der Einsatz digitaler Trainingsumgebungen für die Schulung sowie ggf. das Anlernen von Mitarbeitern forciert werden [22]. Kurz- bis mittelfristig sind auch **Planspiele** – primär Simulationsspiele in Form von kybernetischen Planspielen – zu konzipieren und durchzuführen, um sowohl das interdisziplinäre Denken und Handeln als auch im Besonderen des Bewusstseins für die internen und externen Wechselwirkungen während der Hochlaufphase zu steigern [25].

Um dennoch mögliche Einbußen der Prozesseffizienz zum Beginn des Wiederanlauf zu vermeiden oder mindestens reduzieren zu können empfiehlt es sich, die **täglichen Arbeitsabläufe im Unternehmen bestmöglich aufrechtzuerhalten** [26]. Weiterhin ist die Durchführung von mindestens einem **Probelauf der Produktion** vor dem eigentlich geplanten Hochlauf anzuraten. Dies ermöglicht die Identifikation von Problemen bzgl. der Prozessschnittstellen und gewährleistet somit ein reibungsloses Ineinandergreifen aller beteiligten Prozesse während des Wiederanlaufs [22].

Damit im Zuge des Wiederanlaufs sowohl die Stabilität der Prozesse als auch die Qualität der Produkte sichergestellt werden können, empfiehlt es sich **insbesondere zu Beginn die Durchlaufzeiten zu erhöhen** [22]. Bevor die normalen Durchlaufzeiten erreicht werden können, ist ein entsprechender **Belastungstest** der Produktion [22] oder eine **stufenweise Anpassung** empfehlenswert. Dies erfordert allerdings, dass das Produktionssystem sowie die beteiligten Prozesse skalierbar sind und an unterschiedliche Lasten angepasst werden können.

Mittel- bis langfristig sollte das Unternehmen daher die Potentiale für die **Steigerung der Resilienz von Produktionssystemen** aufdecken und bei der Erweiterung oder Adaption von Produktionssystemen entsprechende Anforderungen bzgl. deren Wandlungsfähigkeit und Skalierbarkeit berücksichtigen [27]. In diesem Kontext ist es realistisch, dass Kunden bei der Lieferantenauswahl und -befähigungen zukünftig explizite Anforderungen an die Lieferanten und deren Produktionssysteme stellen werden, da die COVID-19-Krise das Bewusstsein für die Wandlungsfähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen und disruptiven Ereignissen steigert und als Katalysator für die Entwicklung entsprechender Strategien und Maßnahmen wirkt. Damit einhergehend ist auch die **Agilität der Organisation** zu steigern.

Unternehmensübergreifende Perspektive

Für das Wiederanlaufen ist selbstverständlich eine rein unternehmensinterne Perspektive nicht ausreichend. In Anlehnung an den Zieltyp First-Mover hat die termingerechte Verfügbarkeit von Teilen für den Produktionsstart oberste Priorität. Aufgrund starker Abhängigkeiten, welche die Komplexität im Anlauf schlagartig erhöhen, erfordert dies eine Abstimmung in der gesamten Wertschöpfungskette. Insbesondere zwischen dem Einkauf, der Disposition und der Produktionsplanung muss eine enge Zusammenarbeit erfolgen. Auch sind die Gestaltungsfelder Integration- und Kooperation sowie Priorisierung und Standardisierung von höchster Relevanz [19]. Aus diesem Grund sollte eine eingerichtete Ramp-Up Task Force spätestens vor dem Wiederanlauf ein umfassendes **Abbild der Supply Chain erstellen**.

Bei der Visualisierung ist die Mehrstufigkeit der Supply Chain in Richtung der n-Tier Lieferanten (upstream) als auch die Kundenstruktur (downstream) zu berücksichtigen. Auf dieser Grundlage sind täglich **Updates zum Status der Supply Chain Partner** - insbesondere der direkten Lieferanten und Kunden - einzuholen [22]. Neben der direkten Kommunikation mit den Partnern innerhalb der Supply Chain können bereits verfügbare und öffentliche Tools, wie z.B. Prewave oder die COVID-19 Supply Chain Impact Map von Assent, eine wichtige Hilfestellung bieten.

Denn diese Lösungen bieten branchenübergreifend und global wichtige Informationen zum Status von Unternehmensstandorten und Grenzübergängen sowie regionalen COVID-19-Fallzahlen.

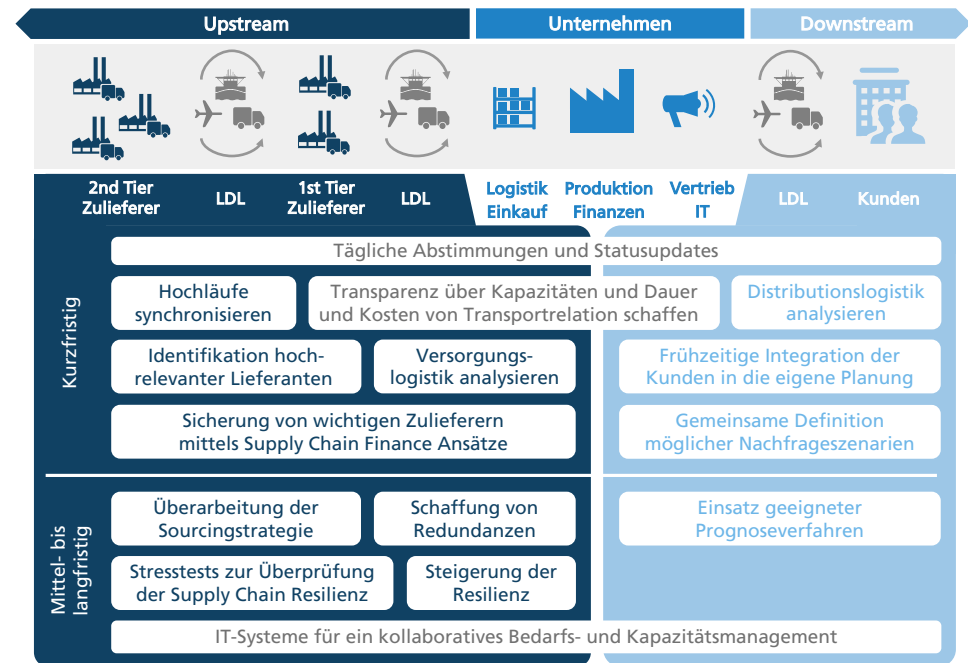


Abbildung 4: Unternehmensübergreifende Handlungsempfehlungen

Hierbei gilt es, die notwendige **Transparenz und Aktualität** über den Zustand der gesamten Supply Chain, also auch über die Warenströme zu gewährleisten. Aufgrund des sukzessiven Wegfalls von Produktions- und Transportkapazitäten auf der ganzen Welt, sowie deren engen Verflechtung, sind die Prozesse in den Supply Chains in einem asynchronen Zustand zum Stillstand gekommen.

Aus diesem Grund ist einhergehend mit dem Abbild der Supply Chain in Erfahrung zu bringen, an welchen Häfen, Umschlagszentren und Standorten welche Bestände verfügbar sind. Denn für einen zielgerichteten Wiederanlauf ist die Transparenz mit Blick auf down- und upstream unabdingbar und ermöglicht Bedarfe und zeitliche Rahmenbedingungen abzuwägen.

Neben den Updates und der daraus resultierenden Erkenntnis zum Zustand der Supply Chain sind auch tägliche Abstimmung mit den Partnern in Bezug auf den Wiederanlaufplan zu forcieren. Diese **Kollaboration** innerhalb der Supply Chain sollte sich durch eine frühzeitige Integration der Kunden, Logistikdienstleistern und Lieferanten auszeichnen. Auf diese Weise wird der Wiederanlauf mit den Partnern kommuniziert und synchronisiert, sodass die Instabilität der Produktion minimiert und der bestmögliche Ressourceneinsatz gewährleistet werden kann. Hochentscheidend für die Wiederanlaufplanung ist das Wissen um die Nachfragesituation. Aus diesem Grund ist es erforderlich, gemeinsam mit den Vertriebsexperten der Kunden die aktuelle Nachfragesituation **sowie mögliche Szenarien der Nachfrageentwicklung** zu klären.

Insbesondere sind die Bedürfnisse der Kunden in der aktuellen Situation zu sondieren und es ist in Erfahrung zu bringen, in welchen Regionen und Branchen wann die Rückkehr zur Normalität erwartet wird. Entsprechend der Erkenntnisse aus den Nachfrageszenarien können **Machbarkeitsanalysen der daraus resultierenden Produktionsprogramme** durchgeführt werden, um einerseits wichtige Erkenntnisse mit den Kunden und Lieferanten teilen sowie andererseits mögliche Maßnahmen bzgl. der Versorgungs-, Produktions-, Lager- und Distributionsstrategie auf ihre Wirksamkeit prüfen zu können.

Da nicht jeder ungewünschte Zustand in einer Supply Chain eine unmittelbare oder schwerwiegende Auswirkung auf die Produktion bzw. den Ramp-Up haben muss, ist es entscheidend, permanent die Relevanz der derzeitigen und zu erwartenden Herausforderungen zu bewerten. Hierbei ist zu identifizieren, welche Teile oder Transportrelationen kritisch sind, um den Wiederanlauf der Produktion sinnvoll durchzuführen. Auch die Fragestellung, bei welchen Transportrelationen von Transportengpässen ausgegangen werden muss, ist eine von vielen Fragestellungen in diesem Kontext. Basierend auf einem vorliegenden Abbild der Supply Chain und den vorhandenen Informationen, sind realistische Szenarien abzuleiten und überprüfbar zu machen. Insbesondere empfiehlt es sich, **Sensitivitätsanalysen**, z. B. bezüglich der **Lieferantenkapazitäten** durchzuführen. So sind mögliche Auswirkungen von Lieferanten aufgrund einer zweiten Welle der Pandemie bewertbar. Dies ermöglicht die Identifikation **kritischer Pfade** innerhalb der Supply Chain.

Lieferantenseitig ist zudem für eine zielgerichtete Kommunikation und enge Kooperation insbesondere die **Identifikation hochrelevanter engpassbetroffener Lieferanten** entscheidend. Sollten diese nicht bekannt sein, müssen sie so schnell wie möglich identifiziert und eng in die tägliche Abstimmung eingebunden sowie bei den Statusupdates berücksichtigt werden. Die Merkmale hochrelevanter Lieferanten liegen in der Sourcingstrategie (Single oder Multiple-Sourcing), dem logistischen Entkopplungspunkt, der Anlieferstrategie (z.B. JIT/JIS), der Komplexität und der Einbaurate der vom Zulieferer zu fertigenden Teile für die eigenen Produkte.

Insbesondere im Kontext der Versorgungslogistik sollten die **Bestandspolitik und Anlieferungsstrategie** überprüft und die Planungsparameter überdacht und angepasst werden [28]. Dabei ist zu analysieren, welche Bestände erforderlich sind, um zukünftig derartige Störungen besser bewältigen zu können. Außerdem sind **Bestellvorlaufzeiten** zu validieren und zu korrigieren.

Des Weiteren – dies gilt sowohl für die Versorgung als auch die Distribution – sind die Verfügbarkeit von Transportrelationen sowie die Beeinflussung von Transportzeiten zu berücksichtigen und Möglichkeiten für den Wechsel auf andere verfügbare **Transportrelationen** sowie andere Verkehrsträger zu überprüfen. An dieser Stelle kann es in Abstimmung mit dem Lieferanten Sinn ergeben, temporär auf Direktlieferung umzustellen. Zusätzliche Verzögerungen sowie verlängerte Transportzeiten werden zum Beispiel durch Containerstau am Hafen sowie zunehmende Grenzkontrollen hervorgerufen. Diesbezüglich müssen entsprechende Implikationen bewertet werden.

Die **Datenreife** innerhalb einer Supply Chain beeinflusst die Fähigkeit des schnellen Wiederaufbaus der Produktion innerhalb der Supply Chain stark. Mittelfristig sind neben dem Status der Lieferanten und anderer Partner innerhalb der Supply Chain automatisiert zu aktualisieren und mit weiteren nützlichen Informationen zu Vorlauf- und Transportzeiten, zu aktuellen Lieferungen und Beständen sowie auch Kapazitäten und Bedarfen zu kombinieren, um einen **digitalen Schatten der Supply Chain** zu realisieren. Auf diese Weise können durch ein zu etablierendes **Abweichungsmanagement** Veränderungen festgestellt und entsprechende Maßnahmen abgeleitet werden. Hierbei sind auch die n-Tier-Lieferanten so weit wie möglich zu berücksichtigen. Mit Hilfe des digitalen Schattens ist die Erstellung von Modellen zur Bewertung und Sicherung des Ergebnisses des Wiederanlaufplans möglich [24].

Für alle Unternehmen ist es wichtig zu handeln, wie wir es eben schon seit vielen Jahren tun: Die Digitalisierung mit entsprechenden Tools und Werkzeugen voranzutreiben, um mit einer verbesserten Datentransparenz steuerungsfähig zu sein und ein Abweichungsmanagement aufzusetzen.

Dr. Dirk Dreher, Leiter Logistikplanung, BMW Group

Die schrittweise Wiederherstellung eines synchronisierten Zustands in der Supply Chain unter stetiger Berücksichtigung der kritischen Pfade und Kundenerwartungen sowie der daraus resultierenden Maßnahmen erfordert entsprechende Anpassungen der eigenen Produktionsplanung im Wiederanlauf. Diese Anpassungen müssen im Rahmen einer **agilen Produktionsplanung** [28] vorgenommen werden können. Da die Akzeptanz von flexiblen Planungen nachweislich ein relevanter Faktor für erfolgreiche Produktionsanläufe bzw. -hochläufe ist [29, 30], sollten insbesondere Mitarbeiter mit einem agilen Mindset hinzugezogen werden, die Veränderungen als Chance und weniger als Belastung ansehen.

Um die Versorgung mit benötigten Teilen sowie den Fortbestand bzw. die Liquidität der hochrelevanten Lieferanten sicherstellen zu können, kann es unter Umständen erforderlich sein, diesen im Rahmen des **Financial Supply Chain Management** einen einfacheren und günstigeren Zugang zu benötigten Finanzmitteln zu ermöglichen [31, 32]. Grundlage hierfür ist die Bewertung der wirtschaftlichen Situation und ein entsprechendes Monitoring zur Identifikation gefährdeter Lieferanten im Rahmen des Risikomanagements. Die Auswirkungen disruptiver und pandemischer Ereignisse sind zukünftig auch stärker im **Supply Chain Risikomanagement** zu berücksichtigen, Ansätze und Annahmen zu überdenken und beim Design von Supply Chains einzubeziehen.

Mittel- bis langfristig sollten Unternehmen IT-Systeme zur Schaffung von Transparenz über die Supply Chain implementieren. Dabei gilt es, neue Verfahren für ein kollaboratives Bedarfs- und Kapazitätsmanagement zu entwickeln und zu implementieren.

In Zukunft muss es die Aufgabe sein, asynchrone Verläufe möglichst gar nicht mehr auftreten zu lassen, und mehr **Redundanzen** aufzubauen.

*Prof. Dr. Michael Henke, Institutsleiter
Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML*

Außerdem ist die **Steigerung der Resilienz** innerhalb der Supply Chain mittel- bis langfristig zu forcieren. Eine mögliche Maßnahme für die Sicherstellung der Versorgung ist ein multiple oder auch redundantes Sourcing durch „biregionale“ Zulieferstandorte, sodass die Möglichkeit der Reallokation von erforderlichen Kapazitäten zwischen Lieferantenstandorten gewährleistet werden kann.

Auch im Rahmen der Lieferantenauswahl und -qualifikation sollten entsprechende Anforderungen an die Wandlungsfähigkeit der Produktionssysteme und Gesamt-resilienz der Lieferanten berücksichtigt werden. Grundsätzlich ist es denkbar, dass **Stresstests zur Überprüfung der Supply Chain Resilienz** verpflichtend und somit auch ein elementarer Bestandteil der Geschäftsmodelle der Unternehmen darstellen werden [33]. Für solche Stresstests, die Analyse möglicher Szenarien und die Beurteilung der Unterbrechungen von Lieferketten sowie deren Auswirkung auf die eigene Produktion bietet sich insbesondere die Supply Chain Simulation an.

ANLAUFMANAGEMENT DURCH SUPPLY CHAIN SIMULATION

NUTZEN UND VORTEILE DER SIMULATION

Die Simulation zählt als Teil des Frontloadings zu einem der Tools, die für das Anlaufmanagement eingesetzt werden können. Sie beschreibt ein leistungsfähiges, weit verbreitetes **Analysewerkzeug** [34], bei dem ein Modell ein komplexes System abbildet [35]. Typischerweise wird es immer dann eingesetzt, wenn ein effektiver analytischer Ansatz nicht oder nur schwierig durchzuführen ist. Simulationsmethoden erfordern weniger restriktive Annahmen als Optimierungsmodelle und ermöglichen so eine **große Flexibilität** bei der Darstellung und Analyse realer Systeme [35]. In vielen Fällen unterstützt die **Simulation einen Entscheidungsprozess**, in dem mehrere Systemvarianten analysiert werden, die sich in Struktur oder Verhalten unterscheiden [36].

Der Verein Deutscher Ingenieure definiert den Begriff Simulation für den Bereich Produktion und Logistik als „das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierbaren Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind“ [37]. Das Simulationsmodell beinhaltet ein abstrahiertes Bild, z.B. einer Maschine, eines Produktionsablaufs oder einer Supply Chain, das entweder bereits existiert oder in Zukunft geschaffen wird. Die Abstraktion unterstützt die Beschreibung der Struktur oder des Verhaltens des Systems mit einem geringeren Detaillierungsgrad als in der Realität [36]. Der Detaillierungsgrad ist jeweils abhängig vom Untersuchungsgegenstand und der Fragestellung.

Drei charakteristische Eigenschaften zeichnen eine Simulation aus. Erstens kann das Verhalten eines Systems an einem Zeitpunkt oder im Zeitverlauf abgebildet werden, womit eine Bewertung des statischen oder dynamischen Modellverhaltens ermöglicht wird. Zweitens bildet ein Großteil der Simulationswerkzeuge Zufälligkeiten und somit sowohl deterministisches als auch stochastisches Verhalten ab. Dies ist besonders wertvoll im Falle des Risikomanagements. Drittens wird bei Simulationsmodellen bezüglich der periodischen Aktualisierung der Ereignisse zwischen kontinuierlicher und diskreter Simulation unterschieden [36]. Abbildung 5 stellt die verschiedenen Simulationseigenschaften sowie beispielhafte Anwendungsfelder dar und geht auf die Vorteile der Simulation ein, von denen insbesondere das **dynamische und stochastische Verhalten** des Modells und die Ergebnisdarstellung von Kennzahlen im Zeitverlauf hervorzuheben sind.

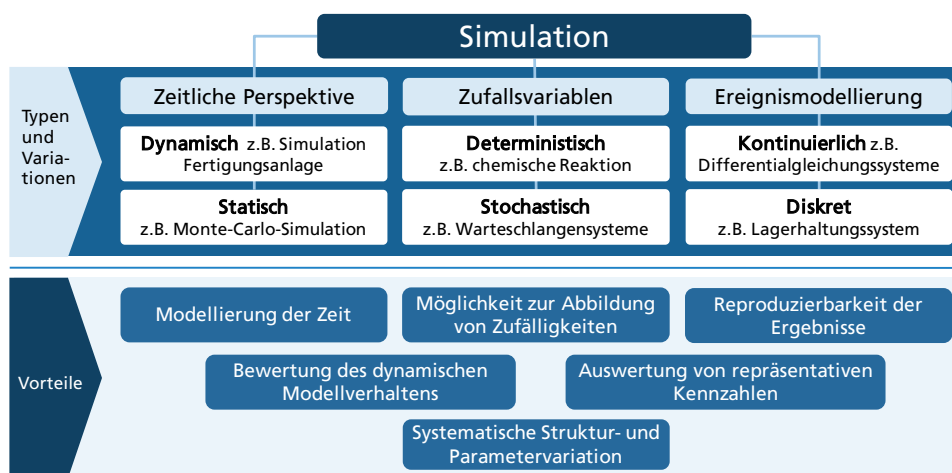


Abbildung 5: Varianten und Vorteile der Simulation (eigene Darstellung nach [38, 39])

Das Vorgehen bei Simulationen umfasst im Allgemeinen fünf Elemente. Zunächst werden Kernfragen gestellt, die mit der Simulation gelöst werden sollen. Daran schließt sich die Modellformulierung an, um die Simulationsstruktur und -prozesse zu definieren und Möglichkeiten zu identifizieren, den Modellaufbau zu vereinfachen. Der abgestimmte Modellaufbau wird dann in die Simulation übertragen. Nach einer Überprüfung folgt die Anwendung des Modells [38].

In der Logistik gibt es vielfältige Planungsprobleme, die aufgrund ihrer Komplexität für den Einsatz von Simulationen prädestiniert sind [39]. Neben der hohen Relevanz für das Frontloading im Rahmen des Anlaufmanagements ist die Risikoanalyse in der Supply Chain eines der Hauptanwendungsgebiete. Dabei hat sich insbesondere die ereignisdiskrete Simulation als geeignetes Instrument erwiesen, um Einblicke in das **Verhalten und die Dynamik einer Supply Chain** zu gewinnen [40, 41]. Vor allem Stresstests lassen sich anhand einer Simulation gut abbilden.

I think the simulation would help to foresee different versions of the supply chain behaviour. Visualizing the different probabilities [of risks] could help top managers to make relevant decisions. Simulations are certainly very useful tools, also for the general awareness [of risk effects] within the company. And it would probably generate awareness not only from the supply chain perspective but I would integrate the finance perspective and CEO as you need to organize the entire company when you are in a certain [risk] situation.

Andrea Scammacca, International Consultant

Darüber hinaus wird die Simulation häufig eingesetzt um **Flexibilitätpotentiale** zu identifizieren und korrigierende Maßnahmen vorzuschlagen. Dadurch bietet die Simulation eine Entscheidungsunterstützung sowohl für den Supply Chain Manager als auch für die Koordination von Supply Chains [40] und erlaubt ein koordiniertes und vorab geprüftes Anlaufmanagement.

SUPPLY CHAIN SIMULATION MIT OTD-NET

Die Durchführung von Simulationen kann durch spezielle Software unterstützt werden. Der vom Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik (IML) entwickelte Order-To-Delivery-Network Simulator (OTD-NET) ist ein ereignisdiskretes Simulationssinstrumentarium, das zur Abbildung von Supply Chain Prozessen und deren Planungsabläufen eingesetzt werden kann [42]. Es ist bausteinorientiert aufgebaut und erlaubt eine komplette, mehrstufige Abbildung der Supply Chain [43]. Die detaillierte Abbildung von übergreifenden Planungsprozessen stellt ein besonderes Alleinstellungsmerkmal von OTD-NET dar. **Planungs- und Materialflussprozesse** werden von der Bestellung bis zur Auslieferung in Hinblick auf Kosten, Leistung und Ökologie bewertbar gemacht [44]. Neben einer grafischen Modellierungsumgebung (GME), verfügt die Simulationssoftware über Schnittstellen zur automatisierten Einbindung von ERP-Daten in die Modellumgebung.

Aus den umfangreichen Simulationsergebnissen fasst die Software Informationen verständlich zusammen und ermöglicht eine Auswertung einzelner relevanter KPIs wie Servicelevel, benötigte Kapazitäten und Durchlaufzeiten [43]. Die Einsatzgebiete sind vielfältig und umfassen unter anderem Schwachstellen- und Engpassanalysen. Anhand eines spezifischen Fokus auf die dynamische Entwicklung von Kapazitätsbedarfen und -restriktionen innerhalb der Supply Chain, zeichnet sich die Bedeutung für das Wiederanlaufmanagement von Supply Chains ab. Durch die zusätzliche Möglichkeit der Einbindung und Aggregation von Risiken durch Stochastik wird eine Evaluation des Risikomanagements integriert [45]. **Unterschiedliche Risikoszenarien**, bspw. das einer zweiten Welle bei COVID-19, sind über Risikoeintritt und -auswirkungen darstellbar und belegen die stochastischen Abhängigkeiten zwischen den Supply Chain Partnern [46]. Dabei sind Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Risiken, sowie deren Effekte auf die Supply Chain Partner darstellbar. Insbesondere die Abbildung der Dynamik eignet sich zur Darstellung von Anlaufmechanismen innerhalb der Supply Chain.

OTD-NET wurde in verschiedenen **Industrie- und Forschungsprojekten** eingesetzt, unter anderem im BMWi geförderten Forschungsprojekt „E2Design“ zur Integration von ökologischen Aspekten und deren Bewertung sowie zur digitalen Abbildung von globalen Produktionsnetzwerken in der Automobilindustrie. Analysiert werden neue Abläufe und Gestaltungsoptionen der Supply Chain unter anderem zur Überbrückung von Risiken oder im Anlauf von neuen Werken und Distributionszentren. Dabei werden Fragestellungen der Sensitivität gegenüber Lieferantenkapazitäten, Transparenz von Transportbeständen oder zum koordinierten (kontinuierlichen) Wechsel von Transportrelationen zur Überbrückung von Risiken untersucht.

Ein explizites Feature der Simulation ist die Übersicht, welche Mengen zu welchem Zeitpunkt an einem Standort produziert werden können. Durch die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten im Risikomanagement und die Evaluierung von Gestaltungsoptionen des Supply Chain Designs, bietet das OTD-NET als ereignisdiskrete Simulation ein **geeignetes Tool** für das Fast Ramp-Up von Supply Chains.

Zur Analyse von Ramp-Up Szenarien im Rahmen von OTD-NET werden fünf **Datensets** benötigt, die Informationen zu Struktur, Produktaufbau, Kapazitäten und Bedarfe enthalten:

1) Strukturinformationen

- a.) Es werden Informationen zu den Supply Chain Partnern auf 1st und 2nd Tier Ebene mit jeweiligem Lieferort eingebunden. Dies bezieht einerseits Lieferanten ein, die ersatzweise Teile liefern können, und beachtet andererseits eine zugehörige Priorisierung zwischen Lieferanten.
- b.) Zur Modellierung der Transportrelationen sind die Lieferbeziehungen zwischen den Lieferantenstandorten und dem Werk inklusive der Transportzeiten einzubinden.

2) Produktinformationen

- a.) Es sind die Produkte und die zugehörigen Stücklisten zu integrieren. Sofern Informationen zu Stücklisten auf der Lieferantenebene (1st und 2nd Tier) vorhanden sind, ermöglichen diese Informationen eine verbesserte Abbildung der Supply Chain.
- b.) Für die Teile eines Produkts ist eine Zuordnung der Lieferanten erforderlich, sowie deren Bestellvorlaufzeiten.

3) Kapazitäten und Bandbreiten

Es sind die Kapazitäten und deren Bandbreiten im Worst Case, Average Case und Best Case für den Produktionsstandort und die Lieferanten einzubeziehen.

4) Bedarfs- und Bestandsdaten

- a.) Voraussichtliche Nachfrage für alle Produktvarianten als Best Case, Average Case und Worst Case ermöglichen eine Evaluierung der Auslastung, der Teileverfügbarkeit und eventuell ausstehender Nachfragemengen.
- b.) Bestände auf Lager und Bestellpolitiken auf Teileebene sind ausschlaggebend für die Evaluierung von Kapazitätsbedarfen in der Supply Chain.

PROTOTYPISCHE UMSETZUNG RELEVANTER SZENARIEN MIT SUPPLY CHAIN SIMULATION

Im Rahmen des Ramp-Ups nach disruptiven pandemischen Ereignissen können verschiedene Szenarien eintreten, die anhand einer ereignisdiskreten Simulation geprüft und bewertet werden können. Eine Evaluierung der Auswirkungen erlaubt eine Anpassung der Prozesse oder des Supply Chain Designs und ermöglicht somit eine frühzeitige Bestimmung für einen **resilienten Aufbau** der Supply Chain.

Bei der Erstellung verschiedener Szenarien einer disruptiven Pandemie sind verschiedene Einflüsse zu beachten, die das Resultat der Simulationsbewertung beeinflussen. Zum einen sind regionale Unterschiede zu erwarten, die sich auf den Zeitpunkt des Eintritts der Pandemie und deren Auswirkung beziehen. Zum anderen nehmen die verfügbaren Bestände auf Lager sowie im Transit, als auch die zugrundeliegende Lagerpolitik Einfluss auf die Ergebnisse der Simulationsbewertung. Auch die Art der Reaktion der Supply Chain Partner hat Auswirkungen, bspw. wenn Produktlinien so angepasst werden, dass der verfügbare Teilebestand genutzt werden kann oder die Produktion entlang der Höhe des Deckungsbeitrags erfolgt. Abbildung 6 veranschaulicht die beispielhaften Einflüsse.

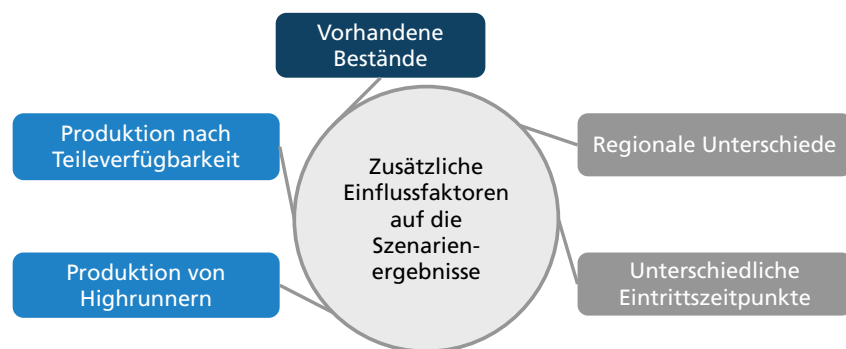


Abbildung 6: Einflüsse
auf die Ergebnisse eines
Simulationsszenarios

Des Weiteren lassen sich für jeden Partner der Supply Chain unterschiedliche **Entwicklungsverläufe** skizzieren, die bei einem pandemischen Ereignis eintreten können. Die Entwicklungen sind untereinander verschiedentlich kombinierbar, sodass eine Vielzahl an Szenarien entstehen kann. Bei einer Evaluierung der Supply Chain und der Effekte des disruptiven Risikos gilt es, die spezifischen Entwicklungen für die eigene Supply Chain zu identifizieren.

Die Entwicklungsverläufe der Kapazitäten beim Zulieferer und Produzenten sowie bei den Verteilzentren eines Logistikdienstleisters sind in einer statischen Sicht dieselben. Für eine dynamische Betrachtung sind der Zeitpunkt des Eintritts, die Wirkdauer des pandemischen Risikoereignisses und die vorhandenen Bestände ausschlaggebend. Im Folgenden werden die einzelnen Verläufe auf jeder Stufe der Supply Chain beschrieben. Die Verläufe K1-K5 gelten für Zulieferer, Verteilzentrum oder Produktionswerk (vgl. Abbildung 7):

- **Verlauf K1:** Es kommt zu einem abrupten Stillstand der betrieblichen Tätigkeiten für einen erwarteten Zeithorizont.
- **Verlauf K2:** Es kommt zu zeitversetzten, betrieblichen Einschränkungen, die eine Reduktion der Kapazitäten oder einen Produktionsstopp in zwei Phasen bedingen, wobei der Wiederanlauf sofort oder mit Verzögerung eintritt.
- **Verlauf K3:** Nach einem benötigten Produktionsstopp oder einer starken Reduktion der betrieblichen Tätigkeiten erfolgt eine schrittweise Erhöhung der Kapazitäten.
- **Verlauf K4:** Es ist notwendig, dass Kapazitäten entweder zeitweise erhöht ausgelastet (bspw. zur Produktion von Lebensmitteln wie Hefe) oder temporär reduziert werden müssen. Letzteres kann bspw. im Zuge von Kurzarbeit erforderlich sein.
- **Verlauf K5:** Ein üblicher Kapazitätsverlauf tritt ein oder die Anlagen und Maschinen werden bspw. aus Gründen der Energieeffizienz oder der Automatisierung stabil betrieben.

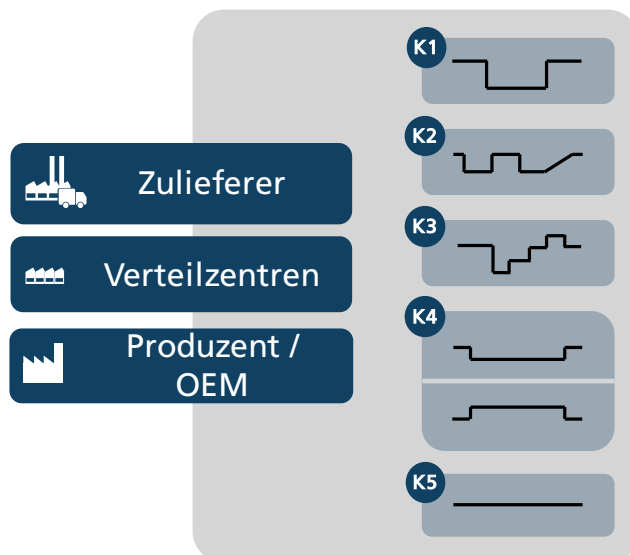


Abbildung 7: Entwicklungsverläufe beim Zulieferer, Verteilzentrum und Produzenten

Die Verläufe eines Transportdienstleisters sind stark abhängig von politischen Entscheidungen (bspw. Grenz- oder Hafenschließung) und von der Verfügbarkeit des Personals, das krankheitsbedingt ausfallen kann. Dabei ist nach Modalität des Transports (L – Landverkehr, F- Flugverkehr, S – Seefracht) zu unterscheiden. Abbildung 8 stellt die untenstehend beschriebenen Verläufe bildlich dar.

- **Verlauf L1:** Bei einem Landtransport via LKW oder Bahn fallen einzelne Personen oder Strecken aufgrund von Handelsrestriktionen aus, sodass eine leicht L-förmige Entwicklung vorliegt.
- **Verlauf L2:** Bei einem Landtransport via LKW oder Bahn liegt keine Änderung der verfügbaren Kapazitäten vor.
- **Verlauf F1:** Im Flugverkehr wird der Cargotransport sofern möglich aufrechterhalten, um die Versorgung zu sichern. Die Anzahl der Transporte wird aufgrund von Einschränkungen im Luftraum leicht reduziert. Die verfügbare Anzahl an Transporten steigt im Nachgang umso mehr an, indem Passagierflugzeuge für Cargotransporte eingesetzt werden, insbesondere um das Auffüllen von Beständen in der Produktion durch Eillieferungen abzusichern.
- **Verlauf F2:** Im relevanten Luftraum der Supply Chain Partner gibt es keine Einschränkungen.
- **Verlauf S1:** Im Überseetransport via Schiff führt ein Pandemiefall im Hafen bzw. in der Hafenregion oder politische Anweisungen zu einer abrupten Schließung von Seehäfen, so dass zeitweise Schiffe im Hafenbecken bleiben und erst ein- oder auslaufen können, wenn eine staatliche Freigabe vorliegt.
- **Verlauf S2:** Im Überseetransport via Schiff bleiben die regulären Kapazitäten im Einsatz, sofern die Seeroute nicht von der Pandemie betroffen ist.
- **Verlauf S3:** Zum Aufbau von Supply Chains und aufgrund der teilweise überlaufenen Hafenkapazitäten gehen einige Reedereien dazu über, Laufzeitverlängerungen durch Zwischenstauung der Container anzubieten [47].

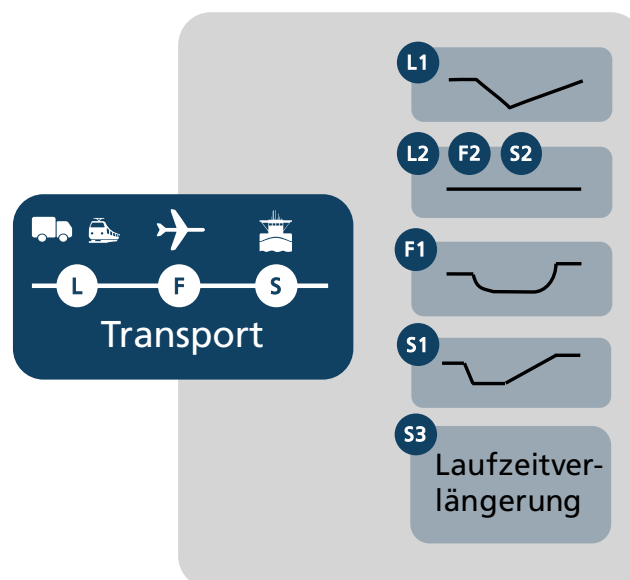


Abbildung 8: Entwicklungsverläufe auf den Transportwegen

Hinsichtlich der Kundennachfrage können sehr unterschiedliche Szenarien skizziert werden, wobei diese branchenabhängig variieren (vgl. Abbildung 9):

- **Verlauf N1:** Die Nachfrage erholt sich nach einem starken Einbruch schnell und schwenkt auf die ursprünglich geplante Nachfrage zurück (V-förmige Erholung). Dieses Szenario ist historisch gesehen häufig eingetreten [48], zuletzt während der Finanzkrise 2009 [49].
- **Verlauf N2:** Die Nachfrage sinkt und stabilisiert sich auf einem niedrigen Niveau bevor es zu einer zeitverzögerten, aber guten Erholung der Nachfrage kommt (U-förmige Erholung).
- **Verlauf N3:** Es kommt zu einem starken Rückgang der Nachfrage, einer anschließenden kurzen Phase der Erholung, gefolgt von einem weiteren Ausfall der Nachfrage, die sich erst im Anschluss wieder vollständig erholt (W-förmige Erholung). Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn eine zweite COVID-19-Welle eintritt.
- **Verlauf N4:** Nach Einbruch der Nachfrage durch das disruptive Ereignis erholt sich die Nachfrage nur sehr langsam und kehrt zunächst auf ein niedriges Nachfrageniveau zurück (L-förmige Entwicklung).
- **Verlauf N5:** Im Gegensatz zu der V-förmigen Erholung des Verlaufs N1 kommt es in diesem Szenario zu einer verlangsamen Erholung der Nachfrage. Der Verlauf nimmt die Form eines Häkchens an, das aus dem englischen heraus gerne auch als „Swoosh-Erholung“ bezeichnet wird.
- **Verlauf N6:** Es kommt zunächst zu einer ansteigenden Nachfrage, welcher eine kurze Phase mit niedriger Nachfrage folgt, bevor sich die Nachfrage wieder auf ein anvisiertes Niveau stabilisiert (umgekehrter W-Verlauf). Dieser Verlauf ist in der COVID-19-Krise bspw. bei der Lebensmittelindustrie zu verfolgen.

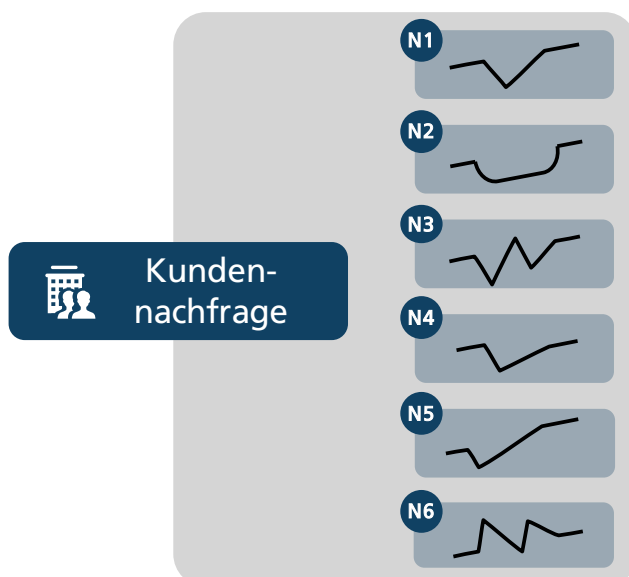


Abbildung 9: Entwicklungs-verläufe der Nachfrage

Bei der Erstellung von Szenarien wird für jeden Supply Chain Partner je ein Entwicklungsverlauf mit entsprechenden Startzeitpunkten ausgesucht. Das Zusammenspiel der Verläufe kann im dynamischen Kontext anhand einer Simulation geprüft werden. Dadurch werden bspw. notwendige Einstellungen der Kapazitäten oder das Auftreten von Engpässen erkennbar. Im Folgenden werden drei Simulationsbeispiele aufgeführt, die den Nutzen der Simulation im Rahmen des Ramp-Ups nach einem disruptiven Ereignis aufzeigen. Zur Simulation wird das ereignisdiskrete Tool OTD-NET genutzt. Aus OTD-NET werden einzelne Grafiken extrahiert und zur Interpretation der Ergebnisse genutzt. Das zugehörige Simulationsmodell besteht zum einen aus einem Zulieferer aus Deutschland, der seine Teile an ein Verteilzentrum liefert. Von diesem Verteilzentrum aus werden die Licht- und Heizkomponenten an ein Werk in Nordamerika verschickt. Zum anderen ist ein lokaler Lieferant im Modell integriert, der Sitzbezüge an dasselbe Werk liefert. Das Szenario besteht aus fiktiven Komponenten und dient allein der Veranschaulichung möglicher Auswirkungen durch eine Pandemie.

Szenario 1: Deckung der Nachfrage bei reduzierten Kapazitäten – Stufenweiser Anstieg nach notwendiger ad-hoc Reduktion der Kapazitäten

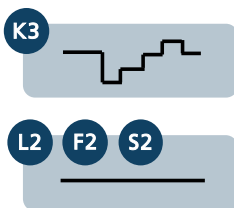


Abbildung 10: Verläufe
im Szenario 1 für
Lieferant, Werk und
Transportrelationen

Es wird untersucht, ob eine konstant bleibende Nachfrage bei plötzlich notwendigen Kapazitätsbeschränkungen gedeckt bzw. mit welcher Verzögerung die Nachfrage bedient werden kann. Das Werk als auch der lokale Zulieferer müssen zunächst die Produktion ab KW 13 auf 30% einschränken, bevor es die Kapazitäten stufenweise ab KW 26 auf 50%, im Folgemonat (ab KW 32) dann auf 60% und dann bis Ende des Jahres auf 80% hochfahren kann. Das Szenario bezieht sich auf die folgenden Verläufe für den Lieferanten, das Werk und die Transportwege (siehe Abbildung 10).

Abbildung 11 zeigt die geplanten Soll-Kapazitäten mit den verfügbaren Ist-Kapazitäten. Das Werk und der lokale Zulieferer können die Kapazitätsplanung zwei Monate nach dem Einbruch wieder anpassen (blaue Balken), wodurch die Abrufe vom Zulieferer mit einem Zeitversatz von zwei Monaten ab KW 21 reduziert werden (schwarze Linie). Durch die Kapazitätsbeschränkung am Werk kann nun weniger produziert werden als geplant. Die grünen Balken verdeutlichen die beschränkte Produktion entlang der maximal möglichen Kapazität (grüne Linie). Durch die Kapazitätsrestriktionen beim lokalen Lieferanten bricht zeitversetzt um die Bestellvorlaufzeit der Teilebestand am Werk ein. Die gelbe Linie verdeutlicht die Reduktion des Teilebestands zeitversetzt, aber parallel zum Teileversand des Zulieferers (rote Linie). Abbildung 10 veranschaulicht zudem den gleichmäßigen Nachfrageverlauf in diesem Szenario entlang der hellen gelben Linie. Die daraus entstehende ungedeckte Nachfrage kann erst im folgenden Jahr ausgeglichen werden.

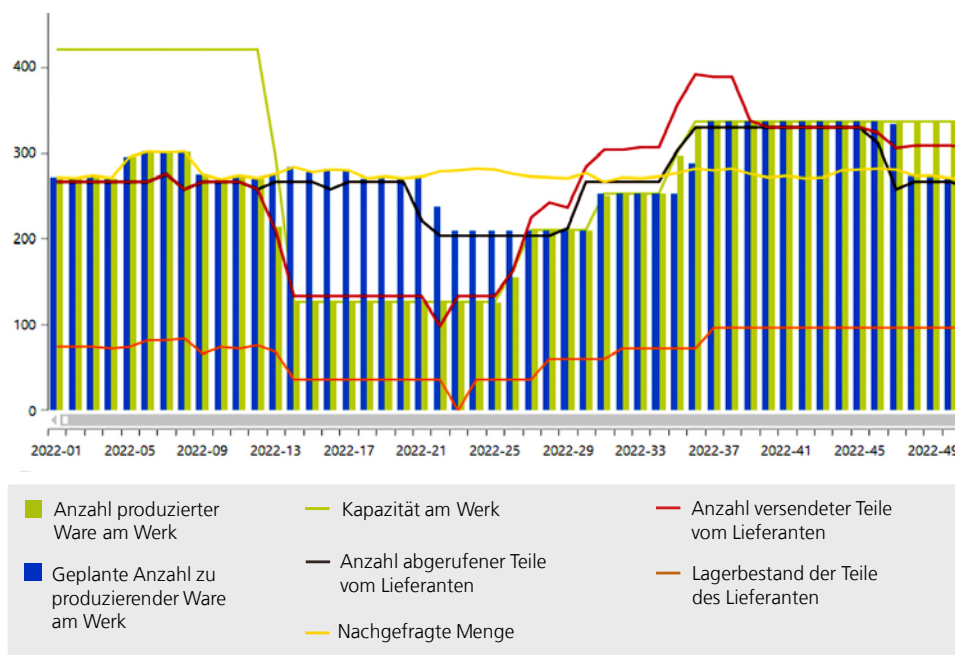


Abbildung 11: Kapazitätsverlauf, Soll- und Ist-Produktion sowie Lagerbestand am Werk (grafischer Auszug aus OTD-NET)

Wenn im Szenario 1 zusätzlich davon ausgegangen wird, dass die Nachfrage mit etwas Verzögerung ab KW 21 einbricht, verringert sich dadurch gleichzeitig die ausstehende Nachfrage (vgl. Abbildung 12).

Wie die Abbildung 13 zeigt, kann somit die ausstehende Nachfrage bereits sehr viel früher ausgeglichen werden und wird bereits Ende Oktober ab KW 42 vollständig gedeckt. Durch den Rückgang der Nachfrage fällt der anvisierte Umsatz entsprechend niedriger aus.



Abbildung 12: Verlauf der integrierten Nachfrage

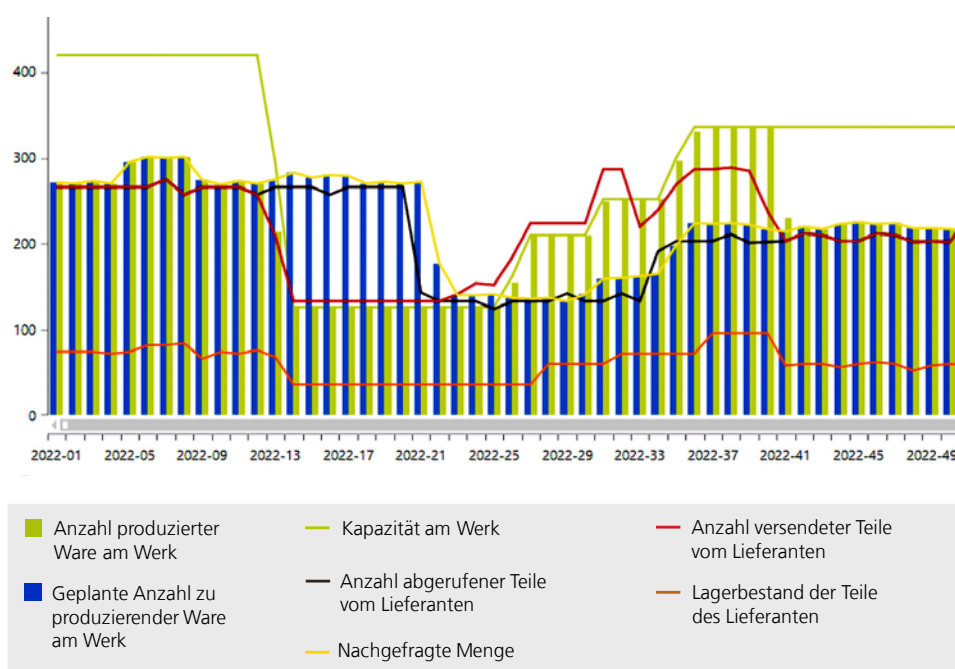


Abbildung 13: Verlauf der Kapazitäten und der Nivellierung der ausstehenden Nachfragemengen bei U-förmiger Entwicklung der Nachfrage (grafischer Auszug aus OTD-NET)

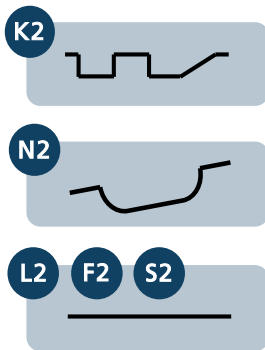
Szenario 2: Auswirkung einer 2. COVID-19-Welle beim lokalen Zulieferer

Abbildung 14: Verläufe im Szenario 2 für Lieferant, Werk, Transportrelationen und Nachfrage

In diesem Szenario wird das Verhalten der Supply Chain geprüft, wenn beim lokalen 1-Tier Zulieferer als auch beim Werk aufgrund der COVID-19-Pandemie und entsprechendem Personalausfall die Kapazitäten zwei Monate nach einem begonnenen Ramp-Up (im simulierten Fall im September) wieder auf 30% einbrechen und ein vollständiger Ramp-Up erst nach weiteren zwei Monaten möglich ist (im simulierten Fall im November). Das Szenario baut auf Szenario 1 mit eingebrochener Nachfrage auf und enthält die in Abbildung 14 dargestellten Verläufe.

Eine rechtzeitige Anpassung der Planung kann im Rahmen der zweiten COVID-19-Welle nicht rechtzeitig vom Unternehmen abgeschätzt werden und erfolgt dadurch nicht. Abbildung 15 stellt den entstehenden Verlauf der Kapazitäten dar, der geplanten Produktion (blaue Balken), der realisierbaren Produktion (grüne Balken) sowie den Lagerbestand der Teile des lokalen Lieferanten (orange Linie). In diesem Fall verzögert sich die Nivellierung der Nachfrage um eine Phase. Anhand des Vergleichs zwischen den grünen und blauen Balken wird ersichtlich, dass sich die ausstehende Nachfragemenge stattdessen weiter aufbaut. Erst im Laufe des kommenden Jahres kann die Nachfrage vollständig bedient werden. In diesem Szenario ist mit einem hohen Einbruch des Umsatzes zu rechnen.

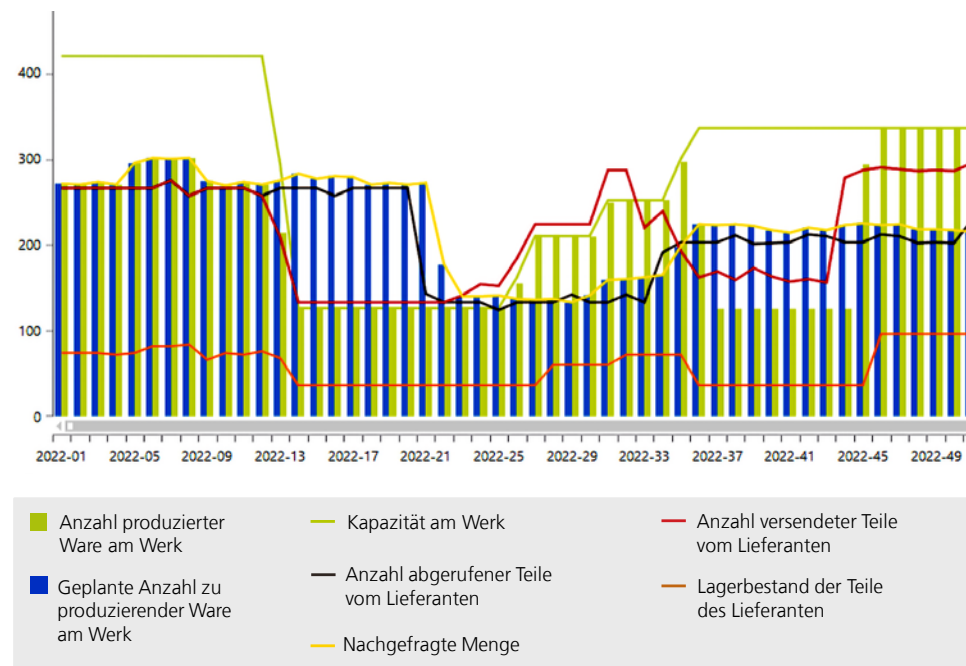


Abbildung 15: Kapazitätsverläufe und ausstehende Nachfragemengen bei Kapazitätsbeschränkungen durch einen zweiten Ausbruch von COVID-19 (grafischer Auszug aus OTD-NET)

Szenario 3: Einschränkungen von Kapazitäten und Seetransporten von Übersee

Im folgenden Szenario trifft die Pandemie den Lieferanten aus Übersee als auch das Werk. Personelle Einschränkungen führen zu Kapazitätsrestriktionen in der Produktion beider Produzenten. Es wird angenommen, dass die Nachfrage beim Kunden zunächst stabil bleibt.

Ebenso wie bei Szenario 1 verringern sich die Kapazitäten für zwei Monate ab KW 13 auf 30% mit einer anschließenden stufenweisen Erhöhung auf 50% im Folgemonat (KW 26), danach auf 60% (KW 32) und anschließend bis zum Ende des Jahres liegt eine Kapazität von 80% vor (ab KW 37). Beim Überseelieferanten tritt zeitgleich dasselbe Szenario mit den folgenden Verläufen ein (siehe Abbildung 16).

Abbildung 17 veranschaulicht die Ergebnisse dieses Szenarios anhand der Produktion am Werk und dessen Lagerbestand. Ab KW 13 kann aufgrund von Kapazitätsrestriktionen am Werk nur die Hälfte der geplanten Teile produziert werden und die Nachfrage wird nicht mehr vollständig gedeckt. Da der Lieferant in Übersee ebenfalls von der Pandemie betroffen ist, liegt zwar eine Anfrage zum Abruf von Teilen vom Werk vor (schwarze Linie), die allerdings durch die geringen Kapazitäten nur unzureichend bedient werden kann (rote Linie). Bei angepasster Planung am Werk kommt es zudem zu einem erhöhten Teileabruf in KW 21 bis 24, der aufgrund der erhöhten Kapazitätsrestriktionen in KW 22 und 23 vom Lieferanten nicht bedient werden kann. In diesem Zeitraum treffen jedoch die Teile aus Übersee am Werk ein, die bisher als Bestand in Transit gehandelt wurden. Es kommt zu einem knapp zehnfachen Bestandsaufbau am Werk, der durch die reduzierten Kapazitäten nicht abgearbeitet werden kann (vgl. orange Linie).

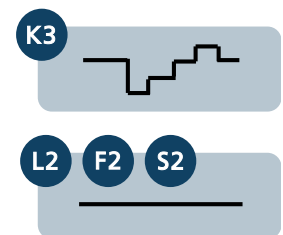
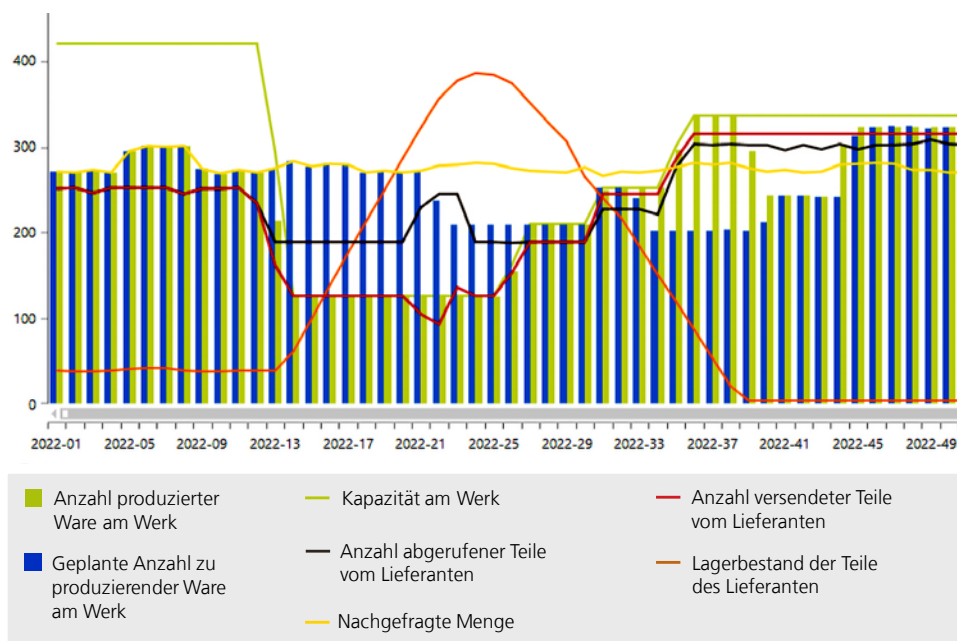


Abbildung 16: Verläufe im Szenario 3 für Lieferant, Werk und Transportrelationen

Abbildung 17: Produktion und Lagerbestand am Werk bei Kapazitätsrestriktionen am Werk und beim Lieferanten in Übersee (grafischer Auszug aus OTD-NET)

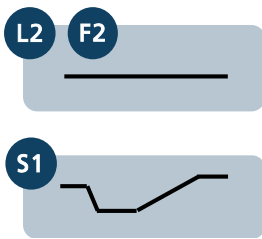


Abbildung 18:
Veränderte Verläufe für
Transportrelationen

Entlang der verfügbaren Kapazitäten im Werk wird ab KW 27 wieder mit voller Kapazitätsauslastung die ausstehende Nachfrage bedient. Ab KW 41 muss die Produktion aufgrund der Teileverfügbarkeit aus Übersee jedoch wieder eingeschränkt werden. Mit einem 12-wöchigen Verzug trifft die Kapazitätsrestriktion des Überseezulieferers die Teileversorgung des Werkes. Dieses baut ab KW 24 langsam die Bestände aus Übersee ab und muss dann ab KW 40 seine Produktion für etwa einen Monat aufgrund der Teileverfügbarkeit reduzieren. Die Auswirkungen der Bestandsverfügbarkeit beeinflussen die Produktion des Werks bis zum Ende des Jahres. Der unterschiedliche Produktionsverlauf wird im Vergleich mit Abbildung 10 aus Szenario 1 deutlich.

Sind aus Gründen der Pandemie nur eine beschränkte Überseeausfuhr möglich, ergeben sich für die Transporte veränderte Verläufe wie in Abbildung 18 dargestellt. Es wird nun davon ausgegangen, dass der Überseetransport ab KW 21 im April und Juni nur eingeschränkt mit 20% des üblichen Transportvolumens verfügbar ist (siehe schwarzer Linienverlauf in Abbildung 19). Dadurch ergibt sich ein gezackter, W-förmiger Verlauf der Lagerbestände am Werk mit entsprechenden Auswirkungen auf die Produktion (vgl. orangene Linie). Die Anzahl der transportierten Teile auf diesem Überseetransport wird durch die pinke Linie gekennzeichnet. Zunächst steht mehr Transportkapazität als benötigt zur Verfügung. Bei Einbruch der verfügbaren Transportkapazitäten wird ab KW 14 bis KW 31 jedoch die gesamte zur Verfügung stehende Transportkapazität ausgeschöpft. Die zur Verfügung stehenden Bestände am Werk werden durch die zeitweise Reduktion des Transportvolumens beeinflusst. Dies hat zur Folge, dass die Produktion durch die Teileverfügbarkeit gesteuert wird und nur mit Verzögerung die ausstehende Nachfrage bedienen kann.

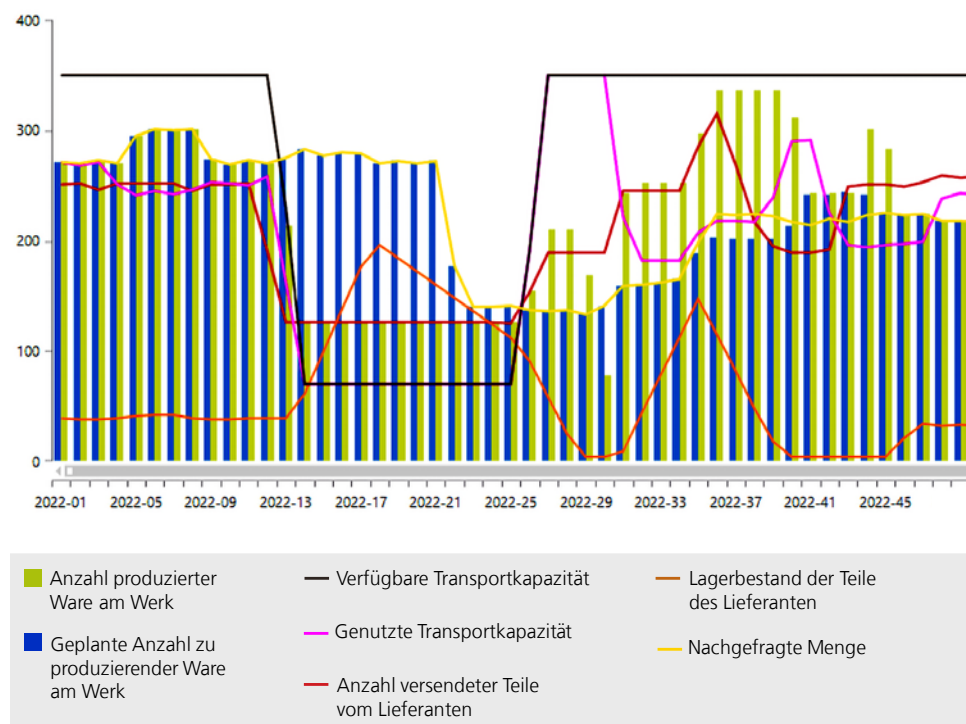


Abbildung 19:
Produktionsverlauf am Werk
bei zusätzlicher Reduktion
des Transportvolumens
aufgrund der Pandemie
(grafischer Auszug aus OTD-
NET)

Die kleine Auswahl an Szenarien zeigt die Implikationen der Pandemie bereits auf und verdeutlicht die Einflüsse auf die Produktion des Unternehmens, je nachdem wie die Zulieferer und Logistikdienstleister von der Pandemie betroffen sind. Die Simulation kann dadurch eine relevante Entscheidungsunterstützung bieten, unter anderem zur Entscheidung für die Einführung von Kurzarbeit und die Reduktion von Kapazitäten. Abbildung 19 zeigt beispielsweise auf, dass eine leichte Verschiebung der Nachfragedeckung zwischen KW 26 bis 30 die Produktion ausgeglichen anlaufen lassen würde.

Neben der Bewertung der Produktions- und Logistikleistung ist insbesondere nach den wirtschaftlichen Einbußen der zurückliegenden Monate eine monetäre Bewertung der Unternehmenslage essentiell. Hierzu bietet sich die Verbindung der „fachlichen“ Simulation mit einer Finanzflusssimulation an, um eine Projektion der Liquidität in die Entscheidungen einzubeziehen. Dies ist zum einen post-simulativ auf Basis der simulierten Produktions- und Bewegungsdaten oder bei einigen Werkzeugen bereits integrativ in der Simulation möglich. Das eingesetzte Instrumentarium OTD-NET verfügt über die Möglichkeit, Kosten von Prozessen, Ressourcen und Teilen in die Simulation zu integrieren. Wird diese Komponente eingebunden, unterstützt das Tool relevante Investitionsentscheidungen, die im Falle einer Pandemie oder weiteren disruptiven Ereignissen kurzfristig getroffen werden müssen. Weitergehende unternehmensspezifische Analysen sind post-simulativ auf Basis der detaillierten diskreten Ergebnisdaten möglich und können bspw. individuelle Zahlungsziele auf Lieferanten- und Kundenseite, Steuern und Abgaben, Lohnkosten berücksichtigen.

ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die mit dem Wiederanlauf verbundenen Herausforderungen und Fragestellungen sind heterogen und gekennzeichnet durch starke Wechselwirkungen. Für die Bewältigung dieser Herausforderungen und Beantwortung der dafür notwendigen Fragen lassen sich die folgenden zehn Handlungsempfehlungen zusammenfassen:

1. Schnelligkeit und Agilität sind gefragt
2. Kollaboration ist wichtig - wie nie zuvor
3. Bringen Sie Transparenz in Ihre Supply Chain
4. Skizzieren Sie ein Bild Ihres Supply Chain Zustands
5. Bleiben Sie auf dem neuesten Stand
6. Klären Sie die Nachfragesituation
7. Identifizieren Sie die kritischen Pfade
8. Bringen Sie Bedarfe und Kapazitäten wieder in Einklang
9. Unterstützen Sie Ihre Partner
10. Halten Sie Ihre Wiederanlaufplanung flexibel

Die Kollaboration – sowohl innerhalb des Unternehmens in interdisziplinären Teams als auch unternehmensübergreifend – gepaart mit einer notwendigen Transparenz und Aktualität von Informationen sind die Schlüsselfaktoren zur Bewältigung der vorliegenden Situation. Aufgrund der Vielzahl von Abhängigkeiten und Unwägbarkeiten ist es wichtig, verschiedene Zukunftsszenarien im Blick zu halten. Simulationswerkzeuge bieten in diesen Situationen eine wertvolle Entscheidungshilfe, um die Effekte einer Pandemie für komplexe Supply Chains zu evaluieren und passende Maßnahmen zur Änderung der Produktions- und Supply Chain Abläufe mittels unterschiedlicher Szenarien zu identifizieren. Die Simulation liefert somit ein Tool, um die Produktion innerhalb der Supply Chain im Rahmen der gegebenen Umstände abzusichern. Beispielhafte prototypische Szenarien stellen den Funktionsumfang dar und zeigen den Nutzen einer Bewertung unterschiedlicher Anlaufstrategien auf.

Der Betrachtungsfokus dieses Whitepapers liegt in der Reaktion auf die Auswirkungen der Pandemie und der Bewältigung dieser außergewöhnlichen Situation. Doch Unternehmen müssen sich die Frage stellen, welche Potentiale die Steigerung der Datentransparenz und -reife, die Schaffung eines entsprechenden digitalen Zwillings der Supply Chain sowie die darauf aufbauenden Verfahren – z.B. die eines kollaborativen Bedarfs- und Kapazitätsmanagement – für das Alltagsgeschäft bieten. Im Rahmen der Silicon Economy geht das Fraunhofer IML diesen ersten Schritt und erforscht die Möglichkeiten von Methoden und Werkzeugen in einer Plattformökonomie aufbauend auf der Datentransparenz. Zusammen mit der International Data Spaces Association wird gleichzeitig die Datensicherheit gewährleistet.



REFERENZEN

1. Park C-Y, Villafuerte J, Abiad A et al. (2020) An Updated Assessment of the Economic Impact of COVID-19. Asian Development Bank
2. Johns Hopkins University & Medicine (2020) COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU)
3. Jens Boysen-Hogrefe, Salomon Fiedler, Dominik Groll et al. (2020) Deutsche Konjunktur im Frühjahr 2020 - Deutsche Wirtschaft im Zeichen des Corona-V(irus); German Economy Spring 2020 - German economy: V(irus)-shaped recession ahead
4. Böttcher G, Krah E-S (2020) Die Kunden nicht alleine lassen. Sales Excellence 29: 26–27. <https://doi.org/10.1007/s35141-020-0299-5>
5. Kolev G, Obst T (2020) IW-Report 16/2020: Die Abhängigkeit der deutschen Wirtschaft von internationalen Lieferketten
6. Felbermayr G, Görg H Covid-19 (2020) Implikationen für die Globalisierung. In: Kieler Beiträge zur Wirtschaftspolitik, vol 26, pp 3–14
7. Schmitt R (ed) (2015) Anlaufmanagement - Begriffe und Definitionen. Apprimus Wissenschaftsverlag, Aachen
8. Dombrowski U, Hanke T (2017) Lean Ramp-up: Ein Organisationsmodell für das Anlaufmanagement. ZWF 112: 387–391. <https://doi.org/10.3139/104.111733>
9. Nagel J (2011) Risikoorientiertes Anlaufmanagement. Zugl.: Cottbus, Brandenburgische Techn. Univ., Diss., 2010, 1. Aufl. Beiträge zur Produktionswirtschaft. Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden, Wiesbaden
10. Dombrowski U, Wullbrandt J, Krenkel P (2018) „Industrie 4.0 in production ramp-up management“. Procedia Manufacturing 17: 1015–1022. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.085>
11. Terwiesch C, E. Bohn R (2001) Learning and process improvement during production ramp-up. International Journal of Production Economics 70: 1–19
12. Renner T (2012) Ziele des Produktionsanlaufs
13. Gienke H, Kämpf R, Aldinger L (eds) (2007) Handbuch Produktion: Innovatives Produktionsmanagement: Organisation, Konzepte, Controlling. Hanser, München
14. Gössinger R, Lehner F (2009) Ansatzpunkte zur flexibilitätsorientierten Koordination von Produktionsanlaufprojekten. In: Kaiserslauterner Schriftenreihe Marketing, vol 1, pp 1–24
15. Kuhn A (ed) (2002) „Fast ramp up“: Schneller Produktionsanlauf von Serienprodukten. Verl. Praxiswissen, Dortmund

16. Glock CH, Grosse EH (2015) Decision support models for production ramp-up: a systematic literature review. *International Journal of Production Research* 53: 6637–6651. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1064185>
17. Dombrowski U (ed) (2015) *Lean Development: Aktueller Stand und zukünftige Entwicklungen*. VDI-Buch. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg
18. Schuh G, Stölzle W, Straube F (2008) *Anlaufmanagement in der Automobilindustrie erfolgreich umsetzen: Ein Leitfaden für die Praxis*. VDI-Buch. Springer, Berlin, Heidelberg
19. Dombrowski U, Hanke T (2011) Lean Ramp-up: Schwerpunkte im Anlaufmanagement. *ZWF* 106: 531–535. <https://doi.org/10.3139/104.110590>
20. Dombrowski U, Hanke T (2011) Lean Ramp-up: Handlungs- und Gestaltungsfelder. *ZWF* 106: 332–336. <https://doi.org/10.3139/104.110554>
21. Biedermann L (2018) *Supply Chain Resilienz*. Dissertation, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH
22. Anonym (2020) Master the restart of production and supplier networks, Issue 04/2020 Deloitte
23. Chenneveau D, Eloit K, Kuentz J-F et al. (2020) Coronavirus and technology supply chains: How to restart and rebuild. <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/coronavirus-and-technology-supply-chains-how-to-restart-and-rebuild#>. Accessed 29 Jul 2020
24. Hassoun E, Mawet P How to restart operations after coronavirus shock: A logistics perspective: The COVID-19 crisis is a human tragedy with almost 50% of the world's population locked down and many lives at risk. It's also an unprecedented real-life stress test for operations and supply chains.
25. Görke M, Winkens M, Dünnwald M (2015) Qualifikation von Mitarbeitern im Anlauf. *ZWF* 110: 701–705. <https://doi.org/10.3139/104.111399>
26. Gifford D, Plomin D (2020) COVID-19: Your guide to ramping up or restarting operations
27. Nyhuis P (ed) (2008) *Wandlungsfähige Produktionssysteme: Heute die Industrie von morgen gestalten*. Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek; PZH Produktionstechnisches Zentrum, Hannover, Garbsen
28. Kilpatrick J, Barter L (2020) COVID-19- Managing supply chain risk and disruption
29. Schuh G, Gartz T, Wagner J (2015) Complexity-oriented ramp-up of assembly systems. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 10: 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2015.05.007>

30. Blom J, Svensson P (2019) Critical Factors for Production Ramp- up in High Technology Companies. Dissertation
31. Hausladen I, Dachsel B (2018) Supply Chain Finance im Überblick. WIST 47: 4–11. <https://doi.org/10.15358/0340-1650-2018-2-3-4>
32. Caniato F, Henke M, Zsidisin GA (eds) (2019) Special issue on supply chain finance: Historical foundations, current research, future developments. Journal of purchasing and supply management, volume 25, issue 2 (March 2019). Elsevier, Amsterdam
33. Bernnat R, Schröder G, Zink W et al. (2020) Restart Deutschland: Konkrete Vorschläge für Staat und Wirtschaft zum „Wiederhochfahren“ Deutschlands im Kontext von COVID-19.
34. Kolonko M (2008) Stochastische Simulation: Grundlagen, Algorithmen und Anwendungen, 1. Aufl. Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, Wiesbaden
35. Gutenschwager K, Rabe M, Spieckermann S et al. (2017) Simulation in Produktion und Logistik: Grundlagen und Anwendungen. Springer Vieweg, Berlin
36. März L, Krug W, Rose O et al. (2011) Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik: Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen. VDI-Buch, vol 130. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
37. VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (2014) Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Grundlagen. <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-3633-blatt-1-simulation-von-logistik-materialfluss-und-produktionssystemen-grundlagen>
38. Rabe M, Spieckermann S, Wenzel S (2008) Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik: Vorgehensmodelle und Techniken. VDI-Buch. Springer, Berlin, Heidelberg
39. Eley M (2012) Simulation in der Logistik: Einführung in die Erstellung ereignis-diskreter Modelle unter Verwendung des Werkzeuges „Plant Simulation“. Springer-Lehrbuch. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg
40. Güller M, Koc E, Hegmanns T et al. (2015) A simulation-based decision support framework for real-time supply chain risk management. International Journal of Advanced Logistics 4: 17–26. <https://doi.org/10.1080/2287108X.2015.1008948>
41. Yüzgülec G, Kuhn A (2015) Aggregierte Bewertung von Risikoursachen in Supply Chains der Automobilindustrie. Dissertationen, Praxiswissen Service UG
42. Henke M, Motta M (2014) Navigation durch die komplexe Welt der Logistik. In: Kille C (ed) Navigation durch die komplexe Welt der Logistik: Texte aus Wissenschaft und Praxis zum Schaffenswerk von Wolf-Rüdiger Bretzke; [... Festschrift zum 70. Geburtstag. Springer Gabler, Wiesbaden, pp 153–169

43. Liebler K, Beissert U, Motta M et al. (2013) Introduction OTD-NET and LAS: Order-to-delivery network simulation and decision support systems in complex production and logistics networks. In: Pasupathy R (ed) Winter Simulation Conference (WSC), 2013: 8 - 11 Dec. 2013, JW Marriott, Washington, DC, USA ; [including the 9th International Conference on] Modeling and Analysis of Semiconductor Manufacturing (MASM 2013). IEEE, Piscataway, NJ, pp 439–451
44. Motta M OTD-NET - Die Simulationstoolsuite für Supplynetwork-Fragestellungen. https://www.iml.fraunhofer.de/de/abteilungen/b2/supply_chain_engineering/produkte/otd-net.html. Accessed 29 Jul 2020
45. Cirullies J OTD-Insite – Analyse und Optimierung Unternehmensinterner Prozesse, <https://www.iml.fraunhofer.de/content/dam/iml/de/documents/OE%20110/Folder%20OE%20110/Fraunhofer%20IML%20FLyer%20-OTD-InSite.pdf>
46. Cottin C, Döhler S (2013) Risikoanalyse: Modellierung, Beurteilung und Management von Risiken mit Praxisbeispielen, 2., überarb. u. erw. Aufl. 2013. Studienbücher Wirtschaftsmathematik. Springer, Wiesbaden
47. Fischer N (2020) COVID-19: CMA CGM präsentiert das BUSINESS CONTINUITY PACK. <https://www.hafen-hamburg.de/de/news/covid-19-cma-cgm-praesentiert-das-business-continuity-pack---36765>
48. Anonym (2015) Deutschland in Daten. Zeitreihen zur Historischen Statistik. Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn
49. Deutsche Bundesbank (2020) Die deutsche Wirtschaft auf einen Blick. <https://www.bundesbank.de/de/statistiken/die-deutsche-wirtschaft-auf-einen-blick/zusammenfassung-aller-grafiken-766134>. Accessed 29 Jul 2020

